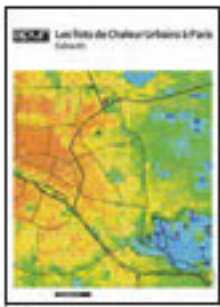
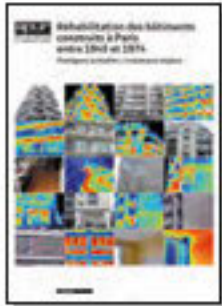


 ATLAS CARTOGRAPHIQUE

ATLAS DE L'ÉNERGIE DANS LE GRAND-PARIS

CONSOMMATION // PRODUCTION //
TENDANCES ET ENJEUX DE DEMAIN

AVRIL 2020



Directrice de la publication : **Dominique ALBA**
Patricia PELLOUX

Étude réalisée par : **Gabriel SÉNÉGAS**

Sous la direction de : **Olivier RICHARD**

Cartographie et traitement statistique : **Christine DELAHAYE et Antoine BARJON**

Photos et illustrations : **Apur** sauf mention contraire

Mise en page : **Apur**

www.apur.org

20P030103

Sommaire

INTRODUCTION	4
1. La consommation énergétique de la MGP	7
Les consommations énergétiques par secteur d'activité et par énergie	8
Période de construction des bâtiments	12
2. Les infrastructures énergétiques actuelles de la MGP	19
L'infrastructure électrique	20
L'infrastructure gazière	24
Les réseaux de chaleur	26
Les réseaux de froid	28
Pipelines, dépôts pétroliers et stations-service	29
3. Les tendances et enjeux de demain	31
Les objectifs de la Métropole du Grand Paris	32
Un Plan Local Énergie pour la MGP	34
Une boîte à outil pour atteindre les objectifs... ..	36
...à mobiliser de manière différenciée selon les tissus	37
Réduire et optimiser //	
Adresser le défi de la rénovation énergétique	38
Intégrer les nouveaux besoins //	
Les projets urbains	40
Les mobilités propres	42
L'essor des data centers	44
Le confort d'été	46
Nouvelles ressources //	
Le solaire	48
La géothermie de surface	50
Valoriser les ressources en biométhane	51
Vers une hybridation du système énergétique	52
Hybridation //	
Les réseaux de chaleur de demain	54
Les circuits courts pour mutualiser à toutes les échelles	56

INTRODUCTION

Sous toutes ses formes (gaz, électricité, chaleur, froid, hydrogène, hydrocarbures, etc.), l'énergie est un élément structurant de notre société et indispensable à son bon fonctionnement. Aujourd'hui, à l'heure des grands défis climatiques du ^{xxi} siècle, la mutation du système énergétique industriel dont nous héritons constitue l'une des clés de la réussite de la transition écologique qui s'impose à tous.

À l'échelle du territoire de la Métropole du Grand Paris (814 km² et 7,2 millions d'habitants), ce sont ainsi 106 TWh (2015) qui sont consommés pour se chauffer, se rafraîchir, s'éclairer, se déplacer, faire fonctionner nos divers appareils, etc. L'ultra-dépendance constitue une autre caractéristique de la Métropole avec plus de 95 % de l'énergie consommée qui est produite ailleurs et importée.

Fin 2017, la Métropole, au travers de l'adoption de son plan climat air énergie, s'est fixée l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050. Le secteur de l'énergie doit contribuer de manière importante à l'atteinte de cet objectif avec une réduction par deux des consommations sur le territoire métropolitain, un verdissement du mix énergétique (augmenter la part d'énergie renouvelable et de récupération – EnR&R – de 12 % à 61 %), et une réduction de la dépendance énergétique (atteindre 30 % d'EnR&R locales en 2050 contre 4 % en 2012). Face à ces défis, la Métropole du Grand Paris, également en charge de la mise en cohérence des réseaux de distribution d'électricité, de gaz, de chaleur et de froid, a ainsi lancé fin 2019 l'élaboration d'un Schéma Directeur des

Énergies Métropolitain (SDEM) avec l'objectif d'aboutir avec l'ensemble des acteurs concernés (SIGEIF, SIPPAREC, Ville de Paris, opérateurs, etc.) à la validation d'une stratégie multi-énergies partagée d'ici fin 2021.

C'est une véritable mutation de ces appareils industriels qui doit être initiée, accélérée pour faire en sorte que la part de la production locale devienne prépondérante, pour répondre aux besoins de l'ensemble des nouveaux usages qui se développent déjà aujourd'hui et de ceux qui apparaîtront demain, pour pouvoir être suffisamment résilient vis-à-vis des ruptures futures, tout en conservant ce qui fait aujourd'hui la force du système énergétique métropolitain, c'est-à-dire sa robustesse. Les leviers pour opérer cette mutation peuvent être de nature différente et dépendent des géographies propres : mobilisation des ressources EnR&R locales, hybridation des systèmes locaux et globaux, optimisation des réseaux existants, etc. Il s'agit pour l'ensemble des acteurs concernés (collectivités locales, autres acteurs publics et/ou privés) de les mobiliser au maximum en offrant par exemple des espaces, des surfaces pour accueillir des sites de production.

Les géographies urbaines différentes induisent des réponses, des stratégies énergétiques adaptées tant par leurs spécificités propres que vis-à-vis de leur capacité à s'appuyer sur les réseaux et à mobiliser les ressources énergétiques. À l'heure où le monde est confronté à une crise sanitaire majeure, la démarche d'élaboration du SDEM constitue une réponse territoriale qui prend d'autant plus de sens. C'est dans ce cadre et en amont

de ce schéma directeur des énergies que cet Atlas de l'énergie ambitionne d'apporter quelques éclairages sur ces sujets complexes de l'énergie à l'échelle métropolitaine à partir d'un corpus cartographique. Ces travaux ont été engagés il y a six mois, bien avant mars 2020. Ils s'inscrivent dans la continuité d'études menées depuis près de 6 ans qui ont permis d'élaborer des bases de données cartographiées à plusieurs échelles, du plus local au plus global, connaissance indispensable pour engager les évolutions inscrites dans les plans climat énergie territoriaux. Les éléments réunis dans cet atlas documentent un temps de référence essentiel pour engager les analyses à venir et accompagner les transformations attendues. Il s'organise en 3 parties : une description des spécificités des territoires de la Métropole, une description des systèmes énergétiques existants, et surtout une description des tendances à l'œuvre et des enjeux d'aujourd'hui et de demain.

« Si on ne profite pas de cette situation incroyable pour changer, c'est gâcher une crise »

Bruno Latour, 3 avril 2020

LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE LA MGP

89,7 TWh

consommation
énergétique finale
de la MGP en 2015

(hors transports)



60 %

de la consommation concerne
le stock bâti résidentiel
(hors transports)



83 %

de l'énergie consommée provient
des grands réseaux électriques et gaz
(hors transports)

LES INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES ACTUELLES



1 329 km

de lignes de transport d'électricité
dans la MGP (RTE), dont **22 %** aériennes

+ de 95 %

de l'électricité consommée par la MGP
provient de l'extérieur,
dont **80 %** d'origine nucléaire (RTE 2016)



482 km

de canalisations de transport
de gaz dans la MGP (GRTgaz)

6

réseaux de froid

5

dépôts pétroliers
dans la MGP



≈ 1 150 km

de réseaux de chaleur dans MGP

54

réseaux de chaleur dans la MGP
dont près de la moitié avec
une énergie d'origine ENR&R
pour **50 %** ou plus

LES TENDANCES ET ENJEUX DE DEMAIN

Objectifs du Plan Climat Air Énergie Métropolitain

52 TWh

consommation énergétique finale
de la MGP en 2050 (hors transports),
soit un objectif de réduction par deux
par rapport à 2005.

60 %

d'ENR&R dans le mix énergétique
métropolitain en 2050
dont **30 %** d'ENR&R locales

Nouvelles ressources

6,3 TWh

de potentiel solaire dans la MGP
(estimation Apur PLE)

6,1 TWh

TWh de potentiel de géothermie
de surface sur sondes dans la MGP
(estimation Apur PLE)

17,9 TWh

de potentiel de géothermie
de surface sur nappe dans la MGP (Brgm)

Intégrer les nouveaux besoins

205

ZAC en cours de réalisation ou à l'étude
dans la MGP, sur environ **4150 ha**

7 100

bornes électriques accessibles
au public dans la MGP en 2019

3 000 MW

de demandes d'implantation de data centers
par an en IDF, soit les besoins électriques
de **3 M** d'habitants (source RTE)

12 TWh

estimation des besoins
de froid annuel de la MGP





1. LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE



Les consommations énergétiques par secteur d'activité et par énergie

Une consommation énergétique dominée par le secteur du bâtiment...

À l'échelle de la Métropole du Grand Paris, la consommation énergétique finale s'élevait à 106 TWh en 2015 en considérant les transports routiers. Le tissu résidentiel est responsable de près de la moitié de cette consommation avec 48,5 TWh (48 %), l'activité tertiaire consomme 28 TWh (28 %), l'industrie 7,7 TWh (8 %) et le transport routier 16,7 TWh (16,5 %). En ce qui concerne les sources d'énergie utilisées, le gaz et l'électricité dominent largement avec respectivement 35 % de la consommation finale 2015 chacun. Le chauffage urbain pèse quant à lui 8 %. Les produits pétroliers représentent 21,2 % de la consommation finale dont 8 % pour l'usage du fioul dans les bâtiments. La part des ENR&R non véhiculées par les différents réseaux énergétiques pèse seulement 1 %.

...avec des différences territoriales

L'hétérogénéité des tissus urbains des douze territoires de la Métropole du Grand Paris entraîne une répartition différenciée des consommations énergétiques. Paris se distingue avec la moitié de sa consommation du ressort de l'habitat collectif, Paris-Ouest la Défense par le poids de la consommation du tertiaire, Plaine Commune avec près du quart de sa consommation lié au secteur industriel et d'autres territoires comme entre autres Grand-Paris Grand Est, Vallée Sud Grand Paris, Paris Terres d'Envol ou encore Grand-Orly Seine Bièvre se caractérisent par une consommation marquée du tissu pavillonnaire et du transport routier.

89,7 TWh

consommation
énergétique finale
de la MGP en 2015

(hors transports)

60 %

de la consommation
concerne le stock bâti
résidentiel

(hors transports)

Les données utilisées

Les données de consommations énergétiques présentées dans cet Atlas sont issues du bilan territorial 2015 réalisé par AIRPARIF dans le cadre de sa mission de construction et maintenance des inventaires de consommations énergétiques pour la région Île-de-France. Elles sont consultables et téléchargeables dans le VISIAU ENERGIF par « secteurs d'activité » et « source d'énergie » (<http://sigr.iau-idf.fr/webapps/cartes/rose/>). La méthodologie de constitution y est détaillée dans la rubrique aide.

Les consommations présentées dans ce document sont à climat normal (climat d'une année moyenne en IDF) et non à climat réel pour gommer l'effet du climat sur les consommations de chauffage et de climatisation mais aussi pour pouvoir les comparer aux consommations des années passées et futures.

CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE FINALE PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ DANS LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS EN 2015

EPT

Consommation énergétique finale
en 2015 (TWh, climat normal)
Métropole Grand Paris
89,7 TWh

T1 Paris
29,6 TWh

T2 Vallée Sud-Grand Paris
4,6 TWh

T3 Grand Paris Seine Ouest
3,9 TWh

T4 Paris Ouest La Défense
8,6 TWh

T5 Boucle Nord de Seine
5,4 TWh

T6 Plaine Commune
6,3 TWh

T7 Paris Terres d'Envol
4,2 TWh

T8 Est Ensemble
4,5 TWh

T9 Grand Paris Grand Est
4,0 TWh

T10 Paris Est Marne et Bois
6,1 TWh

T11 Grand Paris Sud Est Avenir
3,8 TWh

T12 Grand-Orly Seine Bièvre
8,8 TWh


Habitat collectif

41 %
36,5 TWh

59 %
17,3 TWh

36 %
1,7 TWh

43 %
1,7 TWh

36 %
3,1 TWh

32 %
1,7 TWh

28 %
1,7 TWh

20 %
0,8 TWh

36 %
1,6 TWh

26 %
1,0 TWh

35 %
2,2 TWh

29 %
1,1 TWh

29 %
2,5 TWh


Maisons individuelles

18 %
15,8 TWh

2 %
0,5 TWh

31 %
1,4 TWh

19 %
0,8 TWh

15 %
1,2 TWh

22 %
1,2 TWh

12 %
0,8 TWh

37 %
1,5 TWh

24 %
1,1 TWh

46 %
1,8 TWh

32 %
1,9 TWh

32 %
1,2 TWh

27 %
2,4 TWh


Tertiaire

33 %
29,6 TWh

37 %
10,9 TWh

29 %
1,3 TWh

30 %
1,2 TWh

40 %
3,4 TWh

28 %
1,5 TWh

32 %
2,0 TWh

29 %
1,2 TWh

32 %
1,5 TWh

25 %
1,0 TWh

21 %
1,3 TWh

32 %
1,2 TWh

35 %
3,1 TWh


Industrie

9 %
7,7 TWh

3 %
0,8 TWh

4 %
0,2 TWh

7 %
0,3 TWh

10 %
0,8 TWh

18 %
1,0 TWh

28 %
1,8 TWh

14 %
0,6 TWh

8 %
0,4 TWh

3 %
0,1 TWh

12 %
0,7 TWh

7 %
0,3 TWh

9 %
0,8 TWh

Sources : ENERGIF (décembre 2018), AIRPARIF

apur

Une répartition des usages variable selon les secteurs

Au niveau global, le chauffage est l'usage prépondérant avec un peu moins de la moitié consommation totale (40 %), les autres usages que sont l'électricité spécifique, la cuisson, thermique industrielle et la force motrice pour le transport routier représente la moitié de la consommation totale (51 %). Les 9 % restant concernent la consommation d'eau chaude sanitaire.

On observe des répartitions différentes suivant le secteur d'activité et notamment une forte prédominance du chauffage dans le résidentiel (60 % contre 40 % pour le tertiaire). À l'inverse, l'électricité spécifique, soit l'électricité utilisée par des équipements ne pouvant pas fonctionner avec d'autres sources d'énergie (appareils électroménagers, multimédia...) et la cuisson représentent 27 % de la consommation totale du résidentiel contre 52 % de la consommation du tertiaire. Dans cette rubrique, les usages d'électricité spécifique sont nettement plus importants que ceux liés à la cuisson, encore plus particulièrement pour le tertiaire.

Une tendance à la hausse des consommations électriques

Les usages de l'électricité dans les bâtiments se multiplient avec les différents supports numériques, le petit électroménager spécialisé pour le logement et l'essor de la climatisation. La part des consommations d'électricité spécifique dans les consommations énergétiques ne cesse d'augmenter.

Au-delà des consommations dans les bâtiments, la dématérialisation des activités et la transition des données vers le cloud, occasionnent l'implantation des serveurs en datacenters qui ont un impact sur le fonctionnement et la planification des réseaux. Le projet du Grand Paris Express et les mutations engagées ou prévues dans les futurs quartiers de gare entraîneront des hausses de la consommation à anticiper.

Le développement de la mobilité électrique est aussi à considérer, les gestionnaires du réseau électrique ne sont pas inquiets concernant la capacité du réseau à absorber la recharge des véhicules électriques mais souligne la nécessité de piloter la recharge et de favoriser les systèmes de recharge lente ou normale nécessitant moins de puissance électrique pour éviter d'accentuer la pointe électrique.

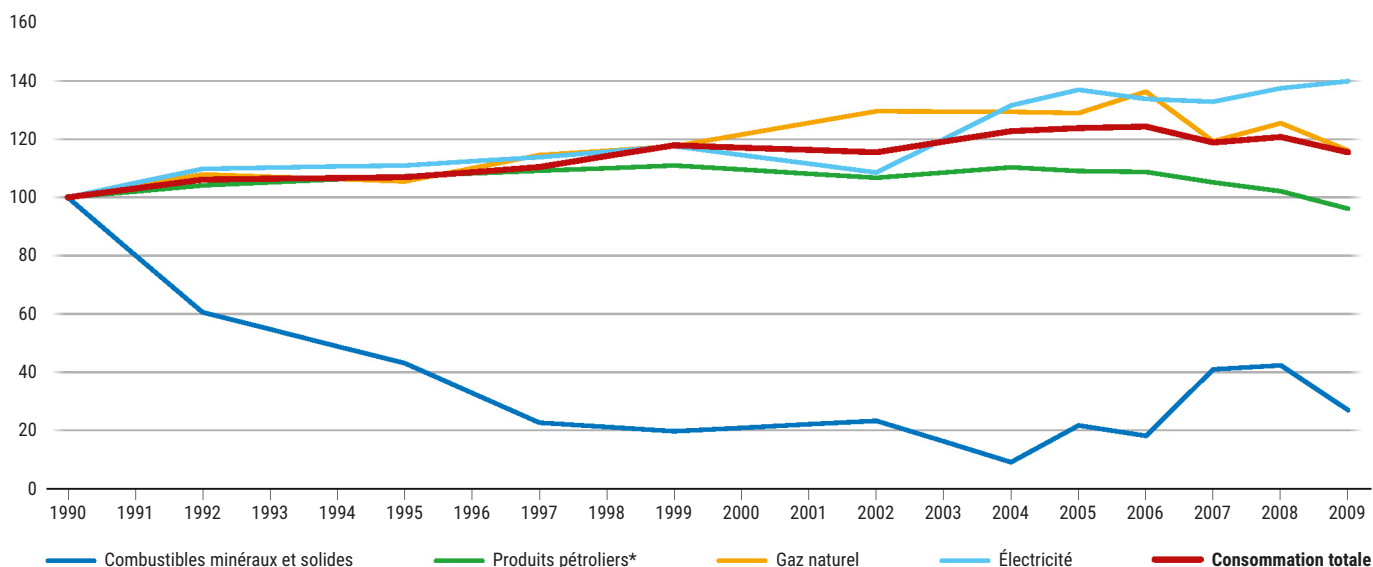
83 %

de l'énergie consommée provient des grands réseaux électriques et gaz

(hors transports)

L'ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PAR TYPES D'ÉNERGIE DE 1990 À 2009 EN RÉGION ÎLE-DE-FRANCE

Indice base 100 en 1990, tonnes équivalent pétrole (tep)



* La consommation de produits pétroliers est estimée à partir des lieux de livraisons, qui peuvent différer des lieux de consommation effective.

Sources : MEDDE (SOeS)

CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE FINALE PAR ÉNERGIE DANS LA MÉTROPOLE DU GRAND-PARIS EN 2015

EPT
Consommation énergétique finale
en 2015 (TWh, climat normal)



Métropole Grand Paris
89,7 TWh



T1 Paris
29,6 TWh



T2 Vallée Sud-Grand Paris
4,6 TWh



T3 Grand Paris Seine Ouest
3,9 TWh



T4 Paris Ouest La Défense
8,5 TWh



T5 Boucle Nord de Seine
5,4 TWh



T6 Plaine Commune
6,3 TWh



T7 Paris Terres d'Envol
4,2 TWh



T8 Est Ensemble
4,5 TWh



T9 Grand Paris Grand Est
4,0 TWh



T10 Paris Est Marne et Bois
6,1 TWh



T11 Grand Paris Sud Est Avenir
3,8 TWh



T12 Grand-Orly Seine Bièvre
8,8 TWh



Électricité



Gaz naturel



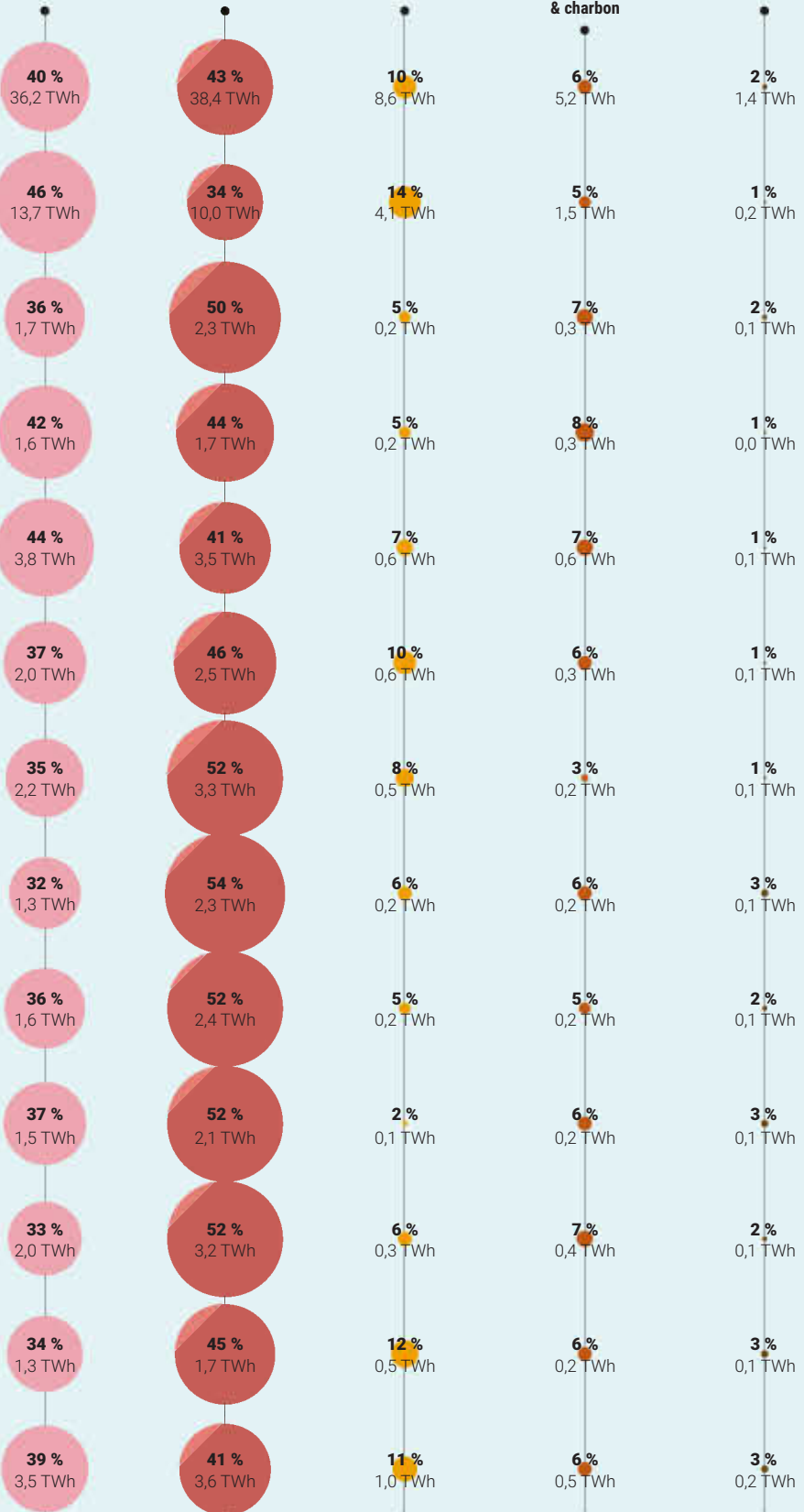
Chauffage urbain



**Produits pétroliers
& charbon**



Bois



Sources : ENERGIF (décembre 2018), AIRPARIF

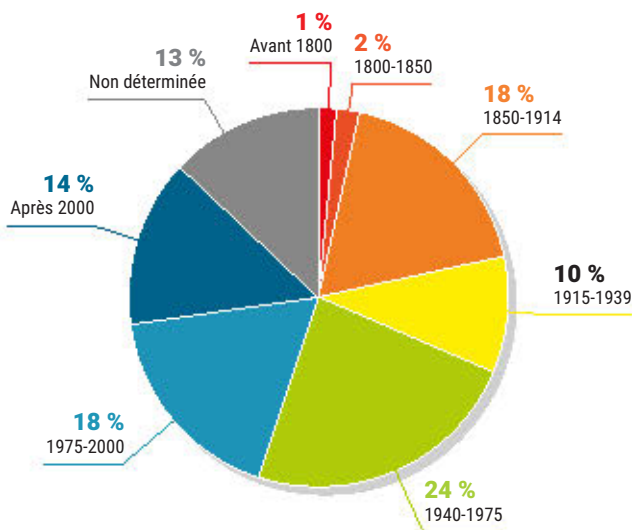
apur

Période de construction des bâtiments

Un parc ancien avec plus du tiers des logements construits avant 1945 dans la MGP

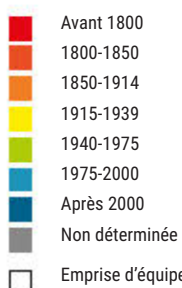
La période de construction d'un bâtiment permet de déduire son mode constructif et son fonctionnement « technique » (ventilation, chauffage) et constitue une indication essentielle pour choisir la façon d'agir pour réduire sa consommation énergétique.

PÉRIODE DE CONSTRUCTION DES BÂTIMENT DE LA MGP
Part de la surface de plancher des logements et des activités

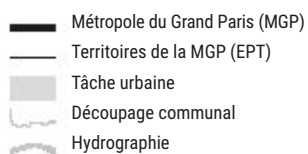


Source : DGFIP

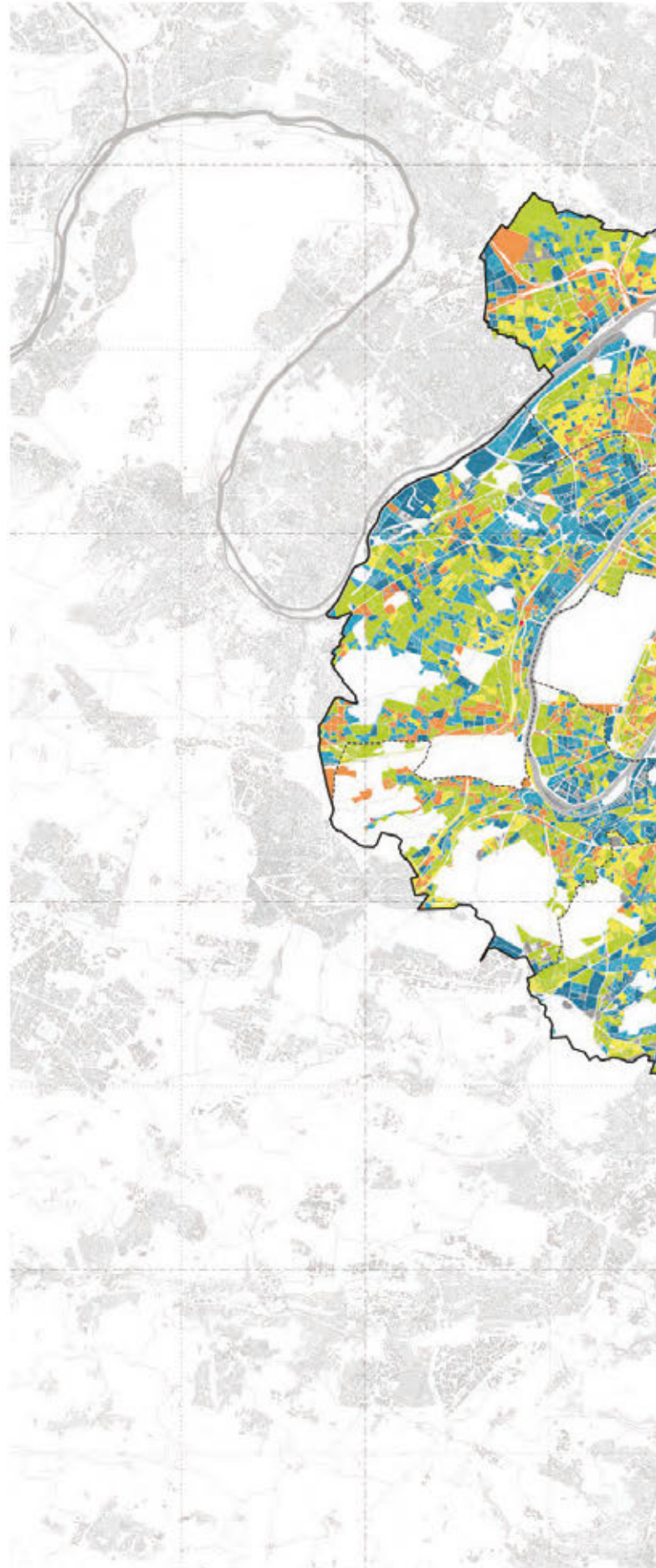
Période de construction dominante à l'îlot

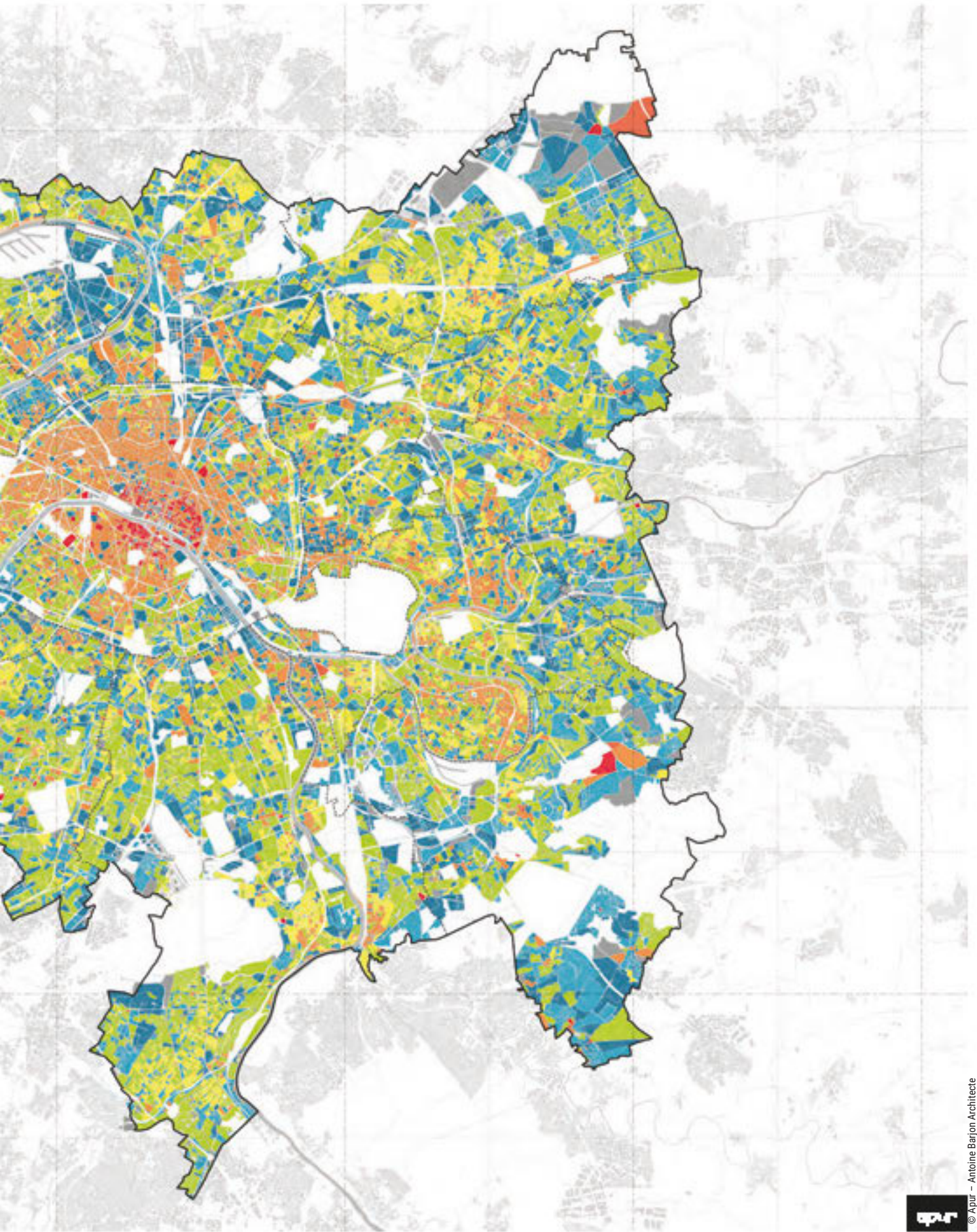


Fond de carte



Sources : DGFIP, Apur





PÉRIODE DE CONSTRUCTION, CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE ET ÉQUIPEMENT DE CHAUFFAGE POUR LES IMMEUBLES DE LOGEMENTS COLLECTIFS

La période de construction est un indicateur de premier plan qui permet d'apprécier la performance énergétique³ et le fonctionnement « technique » (ventilation, chauffage) des bâtiments. En effet, chaque grande période de construction est associée à des techniques de constructions, à un contexte environnemental et énergétique.

1 AVANT 1800 (5 % DES LOGEMENTS

COLLECTIFS/0,4 % DES MAISONS INDIVIDUELLES)

On retrouve plus de la moitié des immeubles construits avant 1800 dans les arrondissements centraux parisiens (du 1^{er} au 11^e arrondissement) avec une représentation plus marquée sur la rive droite dans le quartier du Marais plus particulièrement.

Le XVIII^e siècle est caractérisé par l'exploitation massive du bois qui sert alors aussi bien à la construction, qu'au chauffage. À Paris, les deux tiers du bois utilisé proviennent des forêts du Morvan situées en Bourgogne-Franche-Comté.

Le chauffage des logements est presque exclusivement assuré par la combustion du bois dans les cheminées, il occupe plus de 95 % des ressources naturelles utilisées à cette fin. Aujourd'hui, ce sont les modes de chauffage individuels électrique et gaz qui y sont dominants. Avec une prépondérance des systèmes électriques notamment du fait de la petite taille des logements.

2 ENTRE 1801 ET 1850 (3 % DES LOGEMENTS

COLLECTIFS/0,7 % DES MAISONS INDIVIDUELLES)

Le territoire parisien concentre près de 90 % des immeubles de logements collectifs construits la première moitié du XIX^e. On les retrouve en rive droite et plus particulièrement dans un croissant

est-ouest qui contourne le Marais et passe entre les Grands Boulevards et l'ancienne enceinte des Fermiers Généraux.

D'un point de vue énergétique, le début du siècle est marqué par l'apparition de nouvelles ressources énergétiques comme la houille (charbon de terre) et le gaz de ville issu de la combustion de cette dernière (il est alors principalement utilisé pour l'éclairage des rues). Pour ce qui concerne le chauffage des bâtiments construits durant cette période, on observe donc un mix énergétique composé de bois et de charbon de bois (45 %) mais aussi de houille (55 %). Comme pour les bâtiments d'avant 1800, les immeubles sont dépourvus de système de chauffage performant et seules les cheminées et poêles assurent le chauffage. Aujourd'hui, ce sont les modes de chauffage individuels électrique et gaz qui y sont dominants.

3 ENTRE 1851 ET 1914 (23 % DES LOGEMENTS

COLLECTIFS/17 % DES MAISONS INDIVIDUELLES)

Les immeubles de logements collectifs datant de cette période sont situés à Paris pour plus de 70 % d'entre eux. Il s'agit de la période la plus représentée sur le territoire parisien. On les retrouve partout, aussi bien au centre que dans les quartiers périphériques. Leur concentration est néanmoins plus forte dans l'ouest parisien. Durant cette période on retrouve trois grandes catégories de bâtiments de logements : l'immeuble de type haussmannien, l'immeuble de type post-haussmannien et l'immeuble de type ouvrier.

Cette période de construction coïncide avec la « révolution industrielle » en route à partir de la seconde partie du XIX^e siècle qui voit l'exploitation du charbon connaître un essor très important. Le charbon de bois ou de terre et le bois représentent alors les énergies principales pour le chauffage. Le gaz de ville et l'électricité sont

alors à la marge (7 % des logements parisiens ont l'électricité en 1901).

Le système de chauffage des immeubles de logements de cette période diffère selon les typologies. Les immeubles de type haussmannien et ouvrier ont été conçus avec des cheminées et des conduites pour évacuer la fumée des poêles qui fonctionnaient alors au bois et au charbon. Aujourd'hui, ce sont les modes de chauffage individuels électrique et gaz qui y sont dominants.

À partir des années 1870, on assiste à l'arrivée des premiers systèmes de chauffage collectif et ce plus particulièrement dans les beaux quartiers. Le gaz de ville alimente alors progressivement ces installations. Ces dispositifs de chauffage collectif ont très majoritairement été conservés, seule l'énergie utilisée a pu évoluer avec la disparition du charbon et du bois au profit du fioul, du gaz et du chauffage urbain.

4 ENTRE 1918 ET 1939 (11 % DES LOGEMENTS

COLLECTIFS/34 % DES MAISONS INDIVIDUELLES)

Les immeubles construits durant cette période sont disséminés sur le territoire métropolitain. Ils sont équitablement répartis entre Paris et la Petite Couronne. À partir de la période suivante, la Petite Couronne devient majoritaire. À Paris, on observe néanmoins une répartition différenciée suivant le type de construction : les immeubles résidentiels de standing de l'entre-deux-guerres sont plutôt situés dans le centre de Paris alors que les bâtiments de type HBM forment une ceinture dans les quartiers périphériques, dans l'ex zone de fortification militaire (ou enceinte de Thiers) déclassée dès 1919.

Durant cette période, le paysage énergétique poursuit la mue engagée pendant la première guerre mondiale. L'industrialisation croissante de Paris et de la petite couronne entraîne des modifications



Immeubles de l'Ancien régime
Cheminées : bois



Immeubles de rapport
Cheminées : bois, charbon de bois et houille



Immeubles de rapport (haussmannien, post-haussmannien et ouvrier)
Cheminées : bois, charbon de bois et houille

avant 1800	1801-1850	1851-1914
<p>1820 Début de l'exploitation de la houille Développement du gaz de ville à partir de la combustion de la houille</p> <p>1850 Début de la «révolution industrielle» Essor de l'exploitation du charbon</p>	<p>1870 Apparition du chauffage collectif</p> <p>début 1900 Apparition des hydrocarbures</p>	

du mix énergétique, avec l'apparition des hydrocarbures et le raccordement massif des logements au réseau électrique (94 % en 1939 pour Paris). Malgré tout, le charbon reste largement majoritaire. En matière d'équipement de chauffage, on retrouve à la fois des systèmes collectifs et individuels, avec une nette augmentation de la place accordée aux systèmes collectifs pour répondre aux principes hygiénistes de l'époque.

5 ENTRE 1945 ET 1974 (30 % DES LOGEMENTS COLLECTIFS/27 % DES MAISONS INDIVIDUELLES)

Près de 75 % des logements collectifs construits pendant les « Trente Glorieuses » sont localisés en petite couronne où il s'agit de la période la plus représentée. On en retrouve aussi dans les quartiers périphériques de Paris avec la construction de « grands ensembles » (Italie XIII dans le 13^e, Plaisance dans le 14^e, Front de Seine dans le 15^e, Place des fêtes dans le 19^e). Cette période des « Trente Glorieuses » se caractérise par l'abondance des ressources énergétiques et la nationalisation des entreprises de production et de distribution de gaz et d'électricité afin d'accélérer la reconstruction. On assiste notamment au démarrage de l'exploitation du gaz naturel avec le gisement de Lacq, à la construction de grands barrages hydroélectriques ainsi qu'au développement de la production nucléaire. Mais c'est surtout le pétrole, alors considéré comme inépuisable et très peu cher, qui assure une grande partie des besoins (près de 75 % en 1960 contre 18 % en 1950). Pendant cette période, les bâtiments sont systématiquement ou presque équipés de systèmes de chauffage collectif dès la conception pour répondre aux critères de confort de l'époque. Le mix énergétique est alors pluriel avec le recours au fioul, au gaz et au chauffage urbain alors en plein développement.



6 ENTRE 1975 ET 2000 (16 % DES LOGEMENTS COLLECTIFS/16 % DES MAISONS INDIVIDUELLES)

Cette période peut se décomposer en trois périodes : 1975-1981, 1982-1989 et 1990-1999. Elles correspondent notamment aux premières réglementations thermiques (RT 1974, RT 1982 et RT 1989). Comme la période précédente, on retrouve plus de 70 % des immeubles de logements collectifs de la période en petite couronne. À Paris, les bâtiments construits pendant ces trois périodes se situent en grande partie dans les grandes opérations et ZAC (Front de Seine, place des Fêtes et les ZAC des Amandiers dans le 20^e, de Bercy dans le 12^e, Citroën dans le 15^e ou encore Manin-Jaurès dans le 19^e). Suite aux deux chocs pétroliers de 1973 et 1979, on assiste à une réduction de la consommation d'énergie et à une politique nouvelle de recherche de sobriété énergétique avec notamment l'arrivée des premières réglementations thermiques pour ce qui concerne la construction. En termes de mix énergétique, l'électricité occupe une place de plus en plus importante avec la poursuite du développement du nucléaire. Cette stratégie nationale de réduction de la dépendance énergétique se traduit par le recul important du chauffage collectif et plus particulièrement des systèmes au fioul. Les dispositifs collectifs sont alors remplacés par du chauffage électrique individuel, ce phénomène est encore plus marqué pour les bâtiments des années 90 avec près de ¾ des logements équipés de convecteurs.

7 APRÈS 2000 (10 % DES LOGEMENTS COLLECTIFS/6 % DES MAISONS INDIVIDUELLES)

Près de 80 % du parc de logements collectifs récents se situe en Petite Couronne dans les nouvelles opérations d'aménagement (ZAC, etc.). À Paris, ils sont disséminés sur l'ensemble du territoire avec des poches de plus fortes concentrations dans les nouvelles opérations d'aménagement (ZAC Clichy-Batignolles, Chapelle International, ZAC Paris-Rive-Gauche, etc.). Les logements récents, construits après 2000 ont vu la succession de plusieurs réglementations thermiques (RT 2000, RT 2005, RT 2012 en vigueur aujourd'hui et prochainement la RT 2020). L'évolution de la réglementation a encouragé les promoteurs privés et publics à avoir recours à des dispositifs ENR&R pour le chauffage, l'eau chaude et la production d'électricité (pompes à chaleur géothermiques, installations solaires thermiques et photovoltaïques, récupération de chaleur sur les eaux usées, raccordement au réseau de chaleur, etc.). Malgré tout, le recours aux systèmes traditionnels au gaz ou électrique reste majoritaire. On observe néanmoins des logiques différentes chez les promoteurs privés et publics, avec une préférence pour le chauffage électrique dans le privé et à l'inverse pour le gaz dans le public.

3 — L'Apur a réalisé une série de cahiers d'analyse de la performance énergétique des immeubles de logements parisiens pour les différentes périodes de construction. — <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/analyse-performance-thermique-logements-parisiens>

LES TISSUS PAVILLONNAIRES

En 2013, le logement pavillonnaire représente 12,8 % du parc de logements de la MGP et se situe quasi exclusivement en Petite Couronne (près de 98 % des maisons individuelles). **En matière d'équipement de chauffage, on distingue quatre grandes périodes :**

- dans le parc d'**avant 1945**, le gaz est la principale énergie utilisée puis vient le fioul et l'électricité. (51 % des maisons individuelles) ;
 - comme pour l'habitat collectif, le parc des **Trente Glorieuses** voit les parts occupées par le gaz et le fioul progresser. L'électricité est alors peu représentée ;
 - **entre 1975 et 2000**, c'est l'époque du pavillonnaire « bon marché » où le chauffage électrique est quasi systématiquement choisi dès la conception car plus économique dans un contexte de hausse des prix du gaz et du fioul ;
 - dans les maisons récentes, construites **après 2000**, le gaz fait son retour et cohabite avec l'électricité.
- D'autres tendances s'observent dans l'habitat individuel : le recours aux énergies renouvelables (solaire ou géothermie de minime importance) et l'installation d'appareils indépendants de chauffage (poêle à bois, insert, etc.).

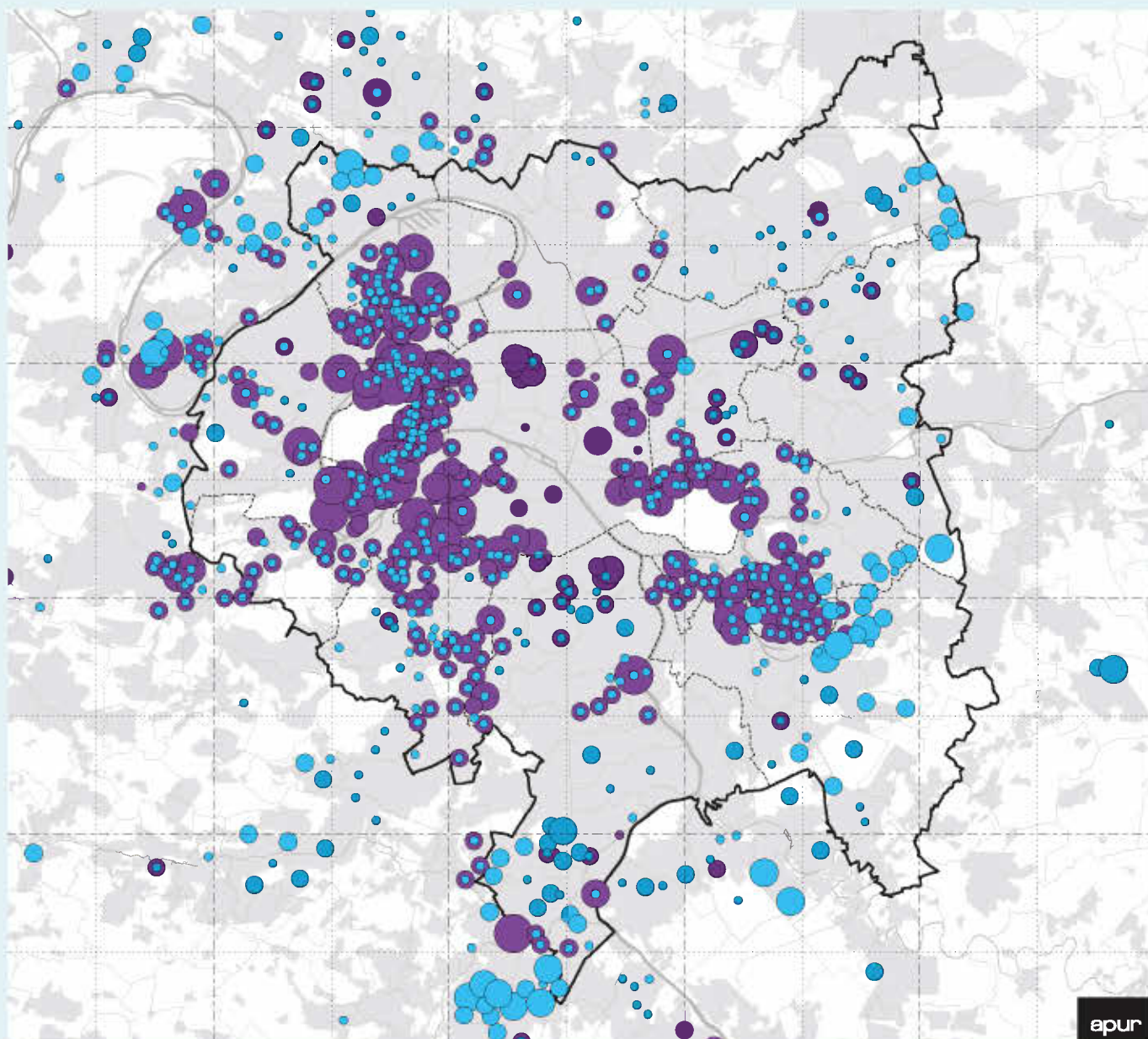
Immeubles de l'entre-deux guerres (HBM / immeubles résidentiels de standing)
Cohabitation des systèmes individuels et collectifs : bois, charbon, gaz

Immeubles des Trente Glorieuses
Recours quasi systématique au chauffage collectif : charbon, fioul, gaz, CPCU

Immeubles «post régulation thermique»
Recul des systèmes de chauffage collectifs au profit du chauffage individuel (principalement électrique)

1918-1939	1945-1974	1975-2000	après 2000
<p>1927 Naissance du réseau de la CPCU</p> <p>1939 94 % des logements raccordés au réseau électrique</p>	<p>1951 Découverte du gisement de gaz naturel de Lacq</p> <p>1971 Création du Ministère de l'environnement</p> <p>1973 1^{er} choc pétrolier</p> <p>1974 1^{ère} RTT – Création de la l'AAE Club de Rome : Rapport Meadows</p>	<p>1979 2^e choc pétrolier</p> <p>1997 Signature du Protocole de Kyoto</p>	<p>2005 Entrée en vigueur du Protocole de Kyoto</p> <p>2007 1^{er} Plan Climat de la ville de Paris</p> <p>2012 Arrêt du SRCAE</p> <p>2017 Arrêt du projet du PCAEM</p>

LE CAS PARTICULIER DU FIOUL



Près de 200 000 ménages chauffés au fioul en 2014

Malgré une dynamique favorable avec une division par deux du nombre de ménages chauffés au fioul entre 1999 et 2014, le fioul reste bien représenté dans la Métropole du Grand Paris avec 157 393 ménages équipés d'une chaudière collective au fioul et 42 343 ménages équipés d'une chaudière fioul individuelle, soit respectivement 5,1 % et 1,4 % de l'ensemble des ménages métropolitains.

6,5 %
des ménages métropolitains chauffés au fioul en 2014

MODE DE CHAUFFAGE AU FIOUL

Nombre de résidences principales équipées en fioul à l'IRIS

- 100 et moins
- de 101 à 200
- de 201 à 300
- 301 et plus

- Fioul individuel
- Fioul collectif
- ▨ Tâche urbaine

Sources : Insee 2014, Apur

1 L'ÉTUDE DE L'AGENCE PARISIENNE DU CLIMAT



© Agence Parisienne du Climat

1 Un état de lieux du parc de copropriétés chauffées au fioul

L'agence parisienne du climat (APC) en partenariat avec la Ville de Paris a mené une étude approfondie afin de repérer les copropriétés chauffées au fioul à Paris.

Pour compléter ce diagnostic d'un volet qualitatif, l'APC a recueilli les retours d'expériences d'un échantillon de copropriétés ayant fait le choix d'abandonner le fioul ou au contraire de le conserver pour tenter de comprendre les freins et leviers au basculement vers une autre énergie.

2 Un plan d'action opérationnel

Sur la base du diagnostic réalisé, une stratégie de mobilisation est établie. L'APC porte maintenant une attention particulière aux copropriétés chauffées au fioul avec un accompagnement dédié avec notamment des campagnes de sensibilisations, la mise en relation avec des distributeurs d'énergie alternative ou encore la formation des syndicats aux questions de rénovation énergétique et spécifiquement aux questions d'abandon du fioul.

Un enjeu de qualité de l'air et de santé publique

Le fioul, encore utilisé pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, est responsable d'émissions de polluants néfastes pour la santé (particules fines, oxyde d'azote, dioxyde de soufre...) et d'émissions de gaz à effet de serre. L'enjeu de sa substitution par d'autres sources d'énergie est double : agir en faveur du climat tout en améliorant la qualité de l'air.

Un objectif « zéro fioul » à horizon 2030 (PCAEM)

Si l'objectif paraît réaliste en maintenant le rythme de renouvellement observé entre 1999 et 2014, des priorités d'actions sont nécessaires :

- Prioriser le raccordement aux réseaux de chaleur des systèmes collectifs au fioul situés à proximité. En 2014, 50 % des ménages métropolitains équipés de chaudières collectives au fioul sont situés à moins de 200 m d'un réseau existant, soit plus de 77 000 ménages ;

2 UN PLAN D'ACTION POUR ÉRADIQUER LE FIOUL À PARIS

Votre immeuble utilise le fioul pour se chauffer ?

LE FIOUL : 8 BONNES RAISONS POUR LE QUITTER !

- 1 Un combustible à coût fluctuant et à la hausse, le prix du kWh de fioul est en moyenne 16 % plus élevé que celui du gaz naturel !
- 2 Un rendement qui baisse dans le temps, lié à la vétusté constatée des chaudières fioul.
- 3 Une entretie souvent plus onéreuse et des solutions de dépannage complexes.
- 4 Un fort impact sur l'environnement, la combustion du fioul émet 25% de plus de CO2 que celle du gaz naturel pour la même quantité d'énergie produite.
- 5 Un approvisionnement régulier par la route, source de nuisances.
- 6 Des émissions de polluants néfastes pour la santé (particules fines, oxyde d'azote, dioxyde de soufre...).
- 7 Des conséquences directes sur la qualité de l'air de votre immeuble : air saturé en polluants, mauvaises odeurs...
- 8 Le chauffage au fioul est responsable de 10% des émissions résidentielles de NOx* à Paris.

Abandonner la chaudière fioul, c'est opter pour une dépense en énergie maîtrisée et économiser jusqu'à 30 %* !

* Moyenne France et Europe. Exclut les zones d'attente par rapport à l'arrêt des distributions de Agence Parisienne du Climat.

© Agence Parisienne du Climat



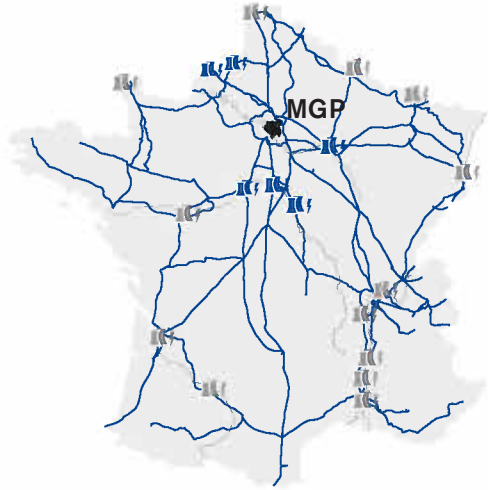
© ph.guignard@air-images.net



2. LES INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES ACTUELLES



L'infrastructure électrique



36,2 TWh
de consommation
électrique en 2015

Centrales thermiques



Centrales > 100 MW dans la MGP

1	Vaires-sur-Marne	555 MW fioul
2	Gennevilliers	200 MW gaz
3	Saint-Ouen	120 MW gaz
4	Vitry-sur-Seine	225 MW (100 MW gaz + 125 MW fioul)

Les différents postes électriques

Puissance du poste

- Postes sources 225kV
- Postes de transformation 400 kV

Nature du poste

- Postes aériens
- Postes en bâtiment
- Postes indéterminés

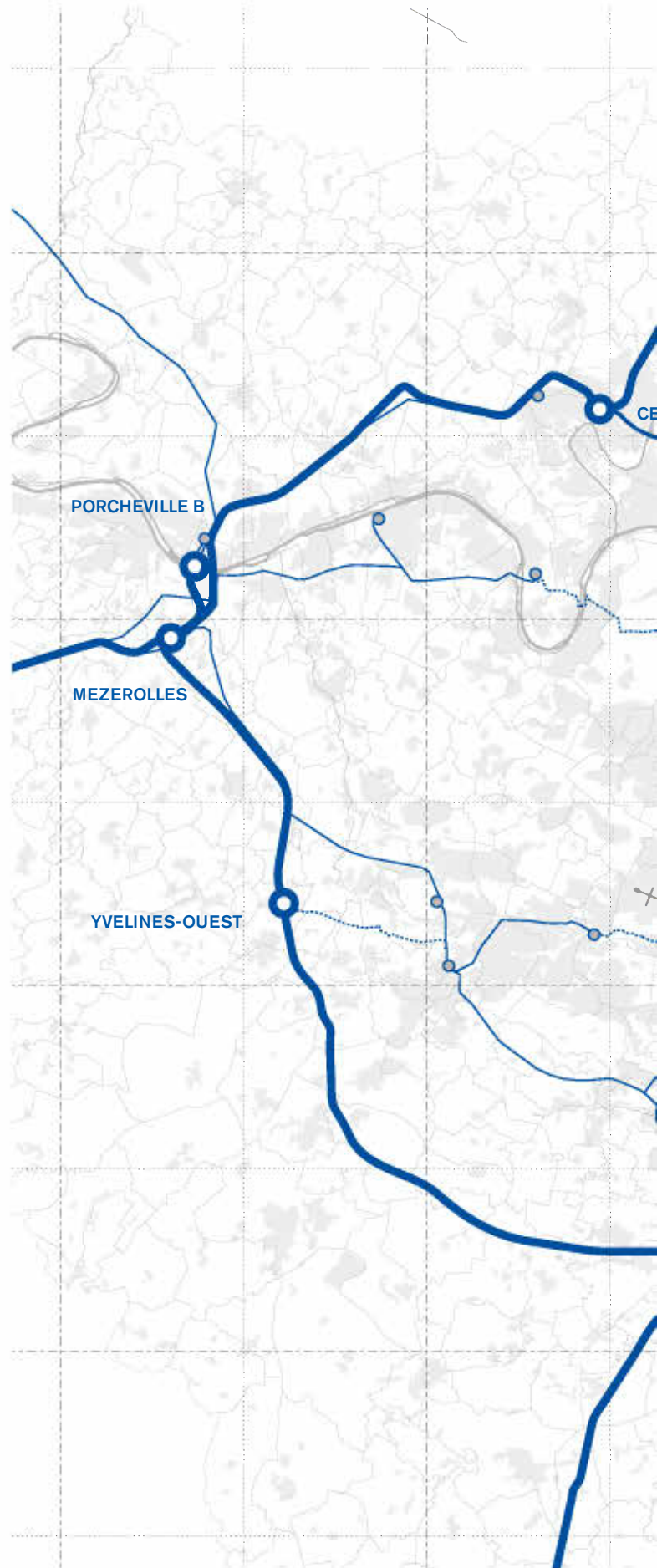
Réseau de transport (RTE)

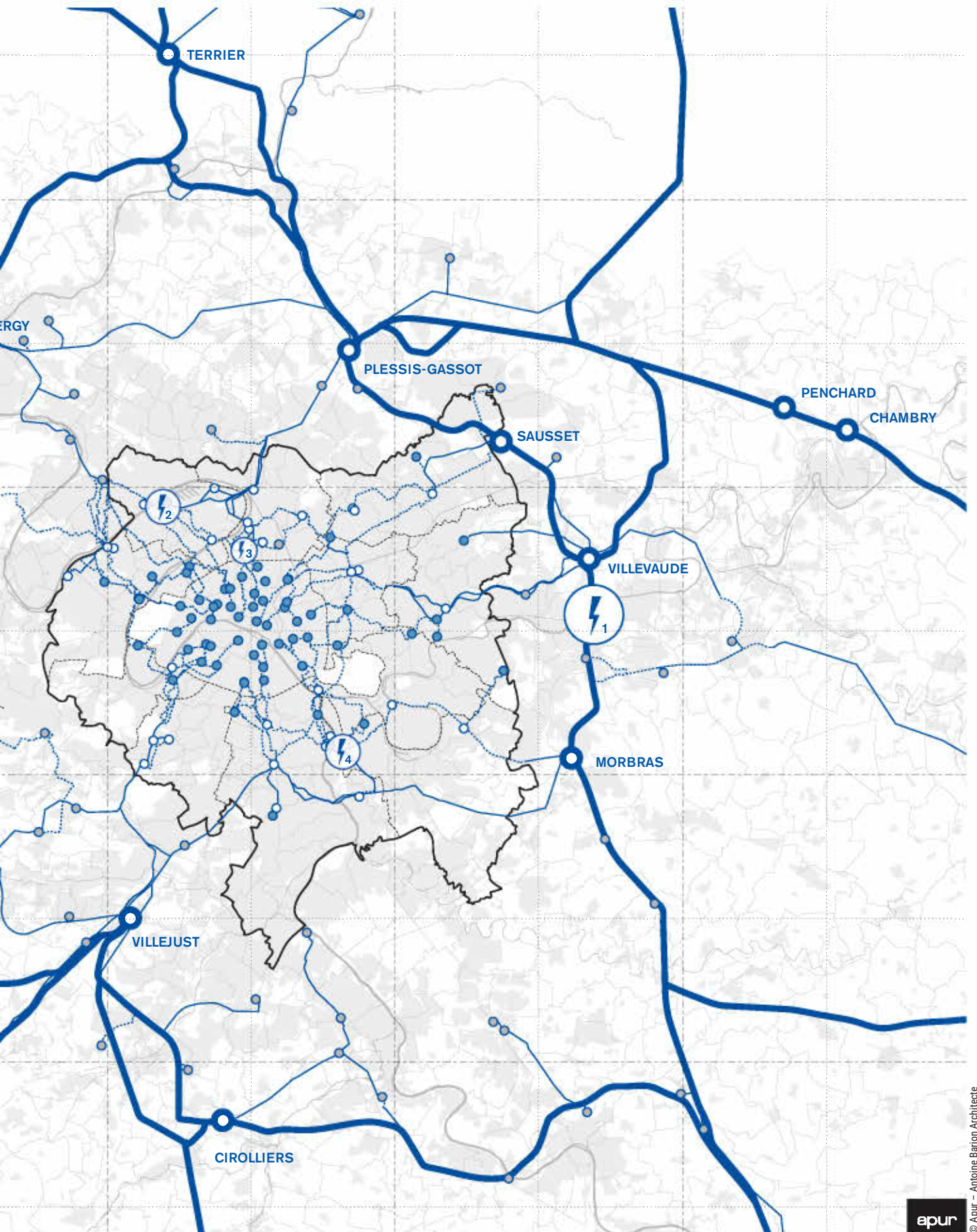
- Liaisons aériennes 400 kV
- Liaisons aériennes 225 kV
- Liaison souterraine 225 kV

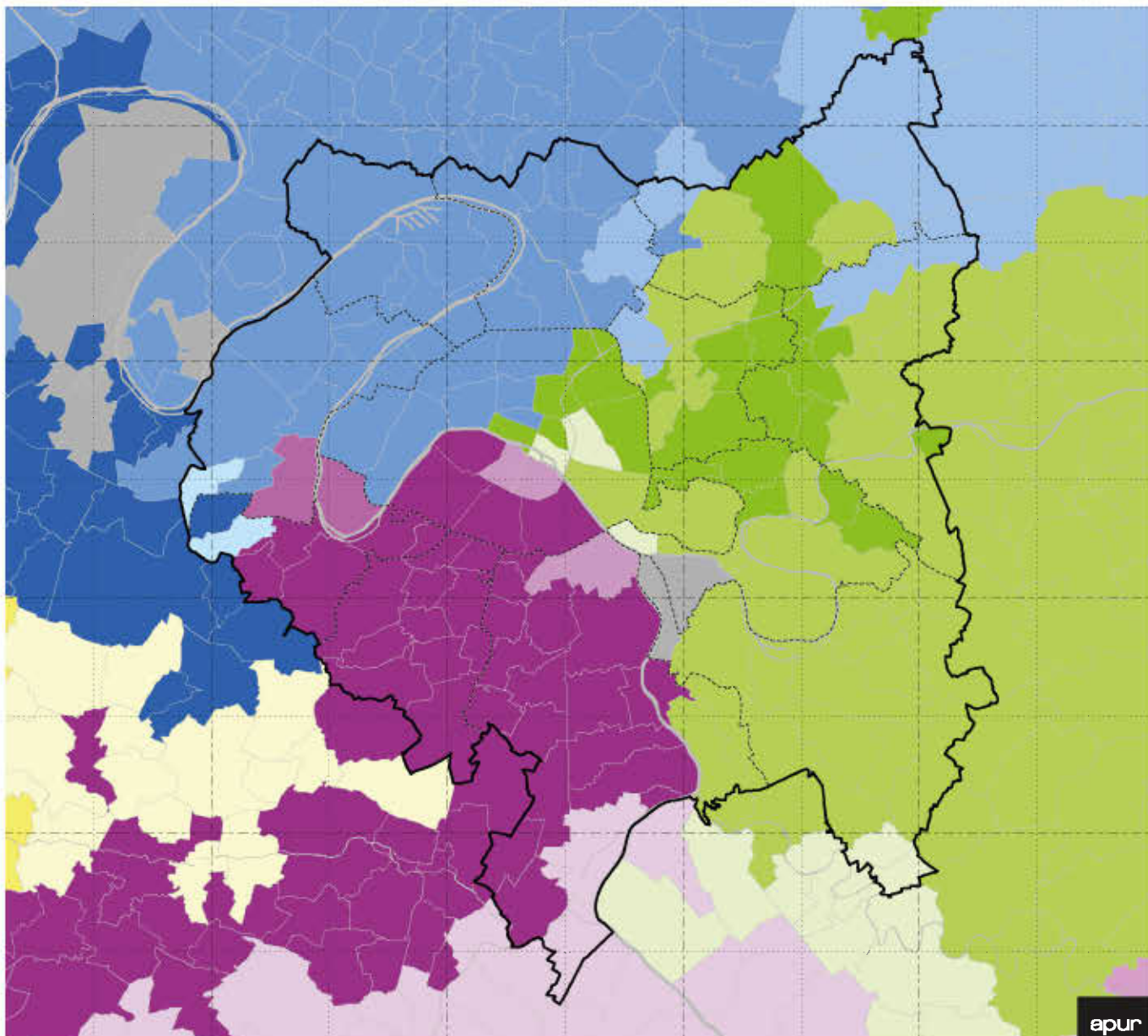
Fond de carte

- Métropole du Grand Paris (MGP)
- Territoires de la MGP (EPT)
- Tâche urbaine
- Découpage communal
- Hydrographie

Sources : RTE 2017, Sycotm, Apur







La provenance de l'électricité

La carte ci-dessus fait état de l'origine de l'électricité consommée par la MGP. Pour plus de 80 % d'origine nucléaire, elle provient principalement de six centrales qui alimentent le territoire métropolitain selon un découpage nord-ouest (Paluel et Penly), est (Nogent, Dampierre et Paluel) et sud-ouest (Belleville, Dampierre et St-Laurent).

ORIGINE DE L'ÉLECTRICITÉ CONSOMMÉE DANS LA MGP – DESSERTE EN ÉLECTRICITÉ DES COMMUNES



Desserte en électricité des communes

2 centrales nucléaires prépondérantes : 1^{re} source + 2^e source

Belleville + Dampierre (+ autres)	Paluel + Belleville (+ autres)
Belleville + Nogent (+ autres)	Paluel + Nogent (+ autres)
Belleville + Paluel (+ autres)	Paluel + Penly (+ autres)
Belleville + Saint-Laurent (+ autres)	Paluel + Saint-Laurent (+ autres)
Dampierre + Belleville (+ autres)	Saint-Laurent + Belleville (+ autres)
Nogent + Belleville (+ autres)	Saint-Laurent + Paluel (+ autres)
Nogent + Dampierre (+ autres)	Autres sources de production
Nogent + Paluel (+ autres)	

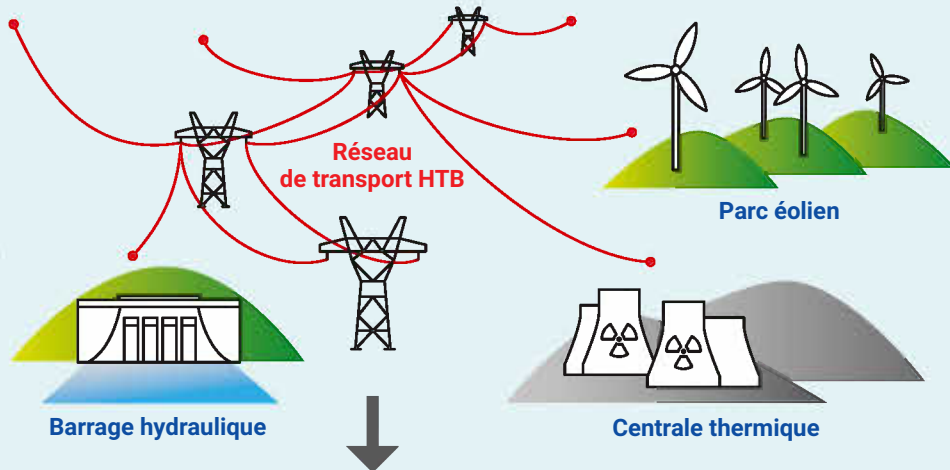
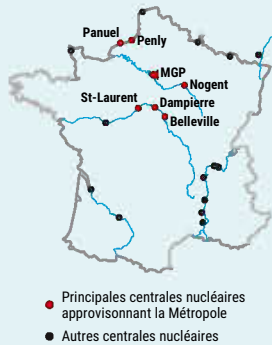
N.B. : sur chacune des communes d'autres sources peuvent intervenir (Nucléaire, Hydroélectricité, Gaz, Bioénergie, Éolien, PV)

Sources : RTE 2014, Apur

FUNCTIONNEMENT ET ARCHITECTURE DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Plus de 95 % de l'électricité consommée par la MGP provient de l'extérieur (dont 80 % d'origine nucléaire) - RTE 2016

Principales centrales nucléaires approvisionnant la MGP



TRANSPORT HORS MGP
transport assuré par RTE



Postes de transformation

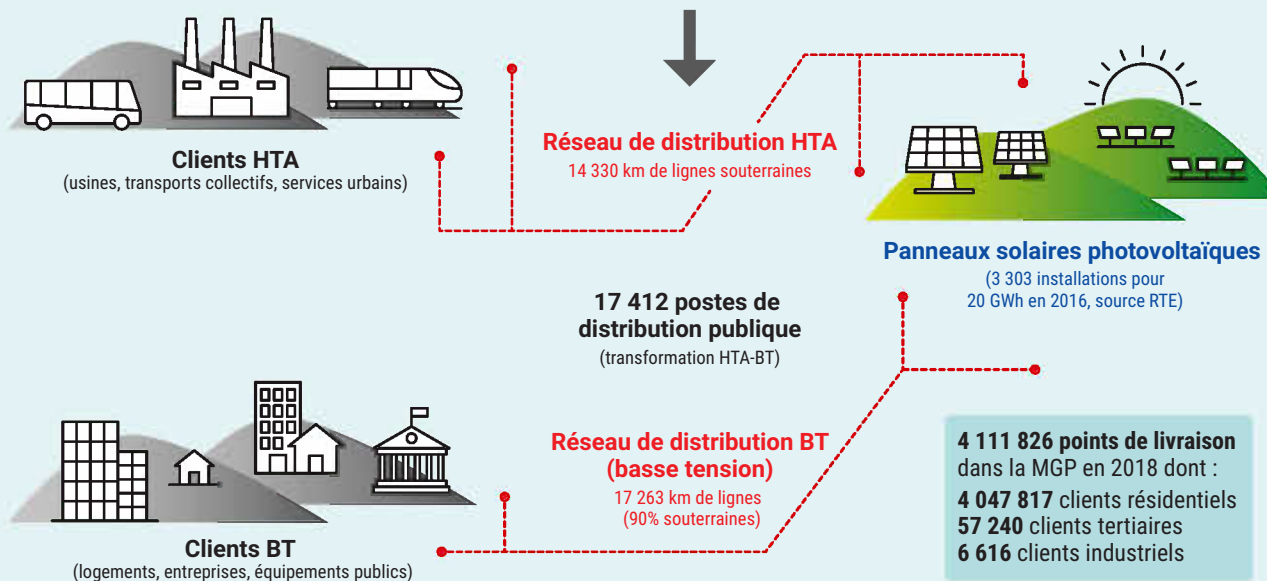


TRANSPORT MGP
transport assuré par RTE



131 postes sources

(70 ha de surface totale / 5000 m² de surface moy pour alimenter 100 000 hab)



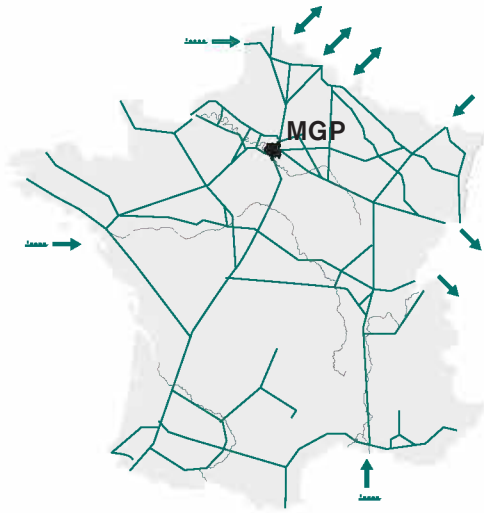
DISTRIBUTION MGP assurée par Enedis
sous le contrôle du SIPPEREC pour 84 communes



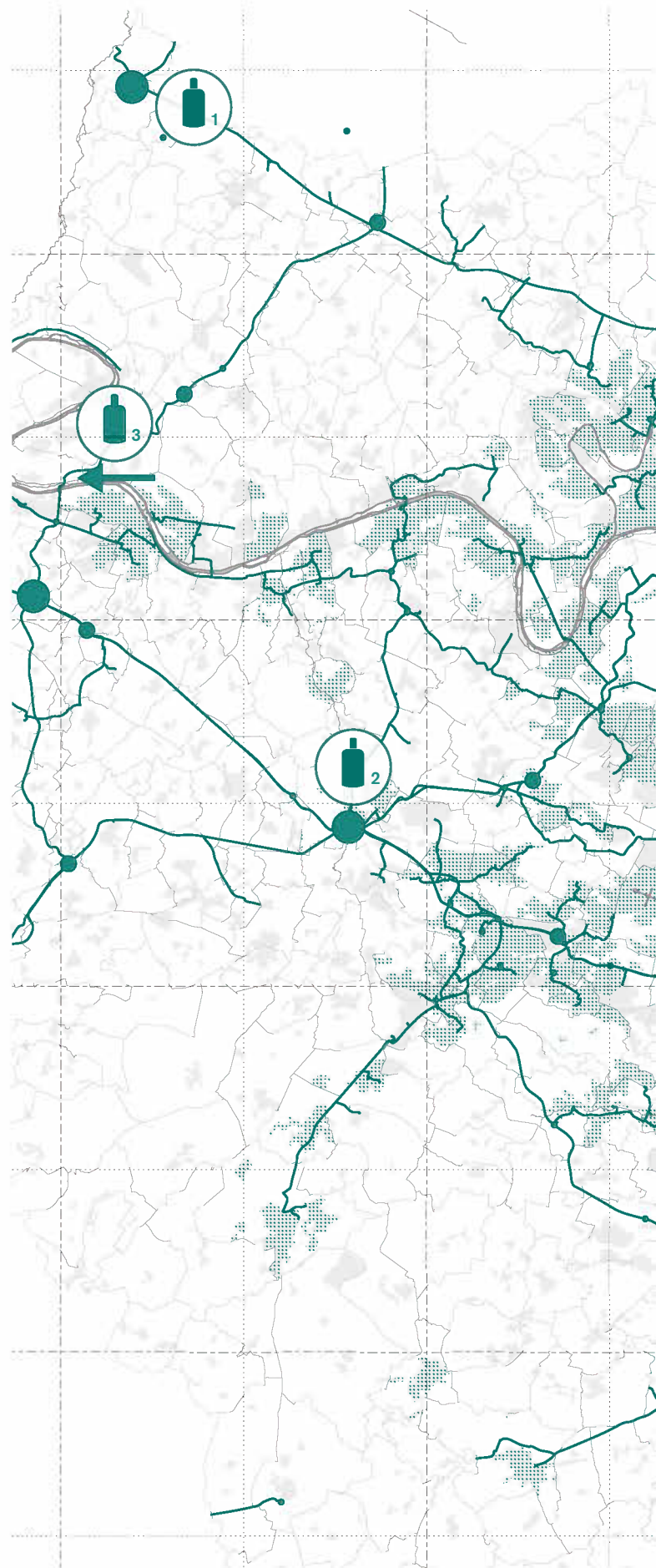
4 111 826 points de livraison dans la MGP en 2018 dont :
4 047 817 clients résidentiels
57 240 clients tertiaires
6 616 clients industriels



L'infrastructure gazière



38,4 TWh
de consommation
de gaz en 2015



Emprises GRTgaz en m²

(postes de détente, stations d'interconnexion et de compression)

- moins de 1 000
- de 1 000 à 10 000
- plus de 10 000

Stockage

Sites de stockage souterrains en nappe aquifère (Storengy)

- | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------|
| 1 | <i>Saint-Clair-sur-Epte</i> | 1700 M de m ³ |
| 2 | <i>Beynes</i> | 1185 M de m ³ |
| 3 | <i>Saint-Illiers-la-Ville</i> | 1500 M de m ³ |
| 4 | <i>Germigny-sous-Coulombs</i> | 2800 M de m ³ |

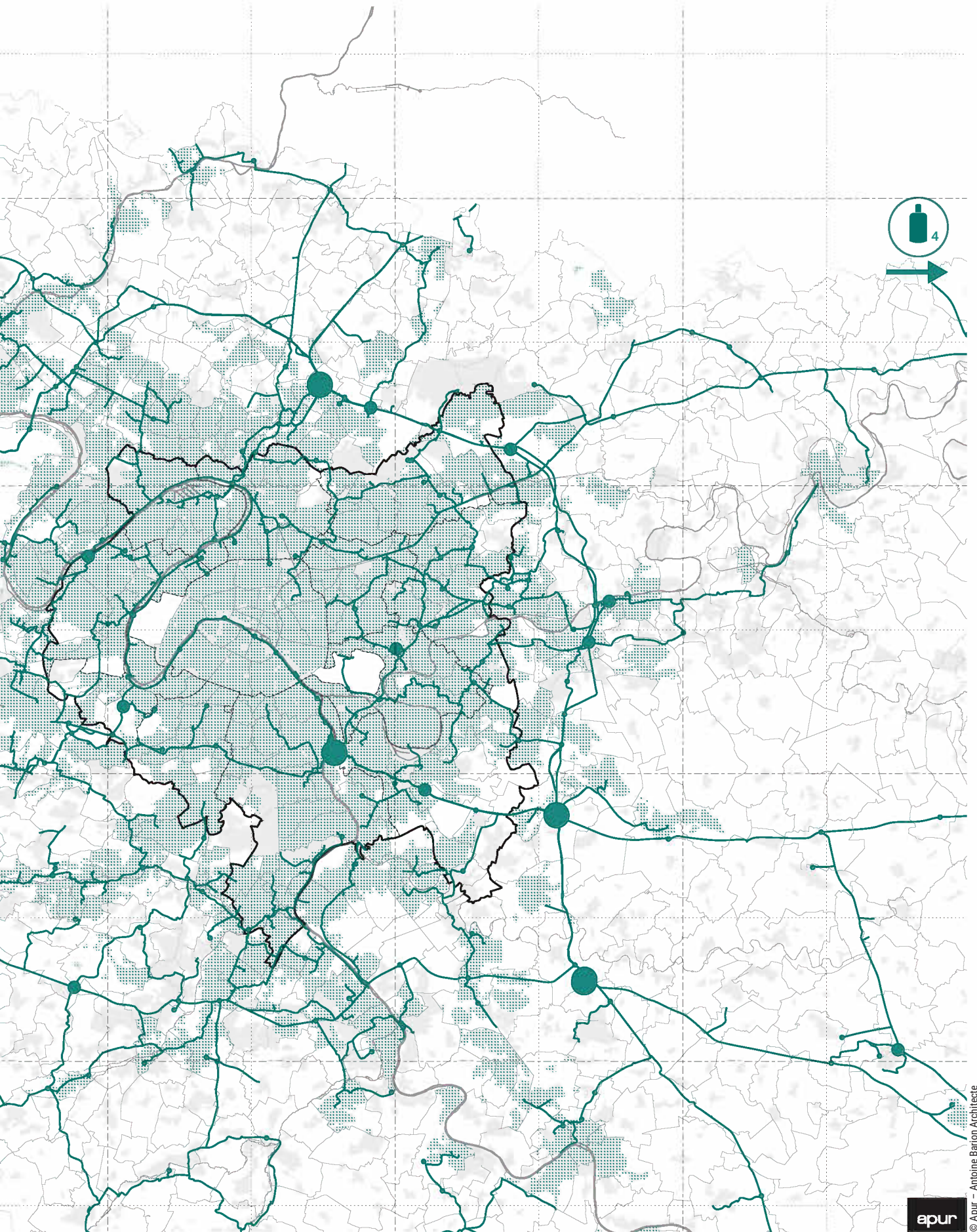
Réseaux

- Réseau de transport de gaz (GRTgaz)
- Zones urbaines alimentées par le réseau de gaz de GRDF
- Part des ménages de l'RIS (découpage statistique de l'Insee) équipés de chauffage au gaz > 5 %

Fond de carte

- Métropole du Grand Paris (MGP)
- Territoires de la MGP (EPT)
- Tâche urbaine
- Découpage communal
- Hydrographie

Sources : Storengy, GRTgaz, Insee 2015, Apur



Les réseaux de chaleur

Note de lecture

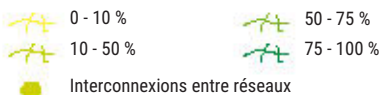
Il existe un enjeu d'actualisation de la cartographie des réseaux de chaleur et des sites de production. L'association Via Sèva publie chaque année un annuaire des réseaux afin de communiquer les résultats des enquêtes nationales annuelles. Une carte interactive a été lancée en janvier 2019 pour mieux valoriser les données de l'enquête. La question de la mise à disposition de tous des données SIG reste ouverte. Dans le cadre de l'Atlas et pour compléter la cartographie issue des données la DRIEE, les principaux réseaux non vectorisés ont été redessinés de manière schématique.

8,6 TWh

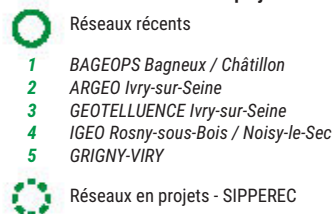
de consommation de chaleur urbaine en 2015

Réseaux de chaleur existants

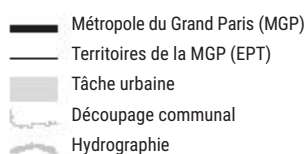
Part d'énergies renouvelables et de récupération dans le mix énergétique (Enquête SNCU 2016-2017)



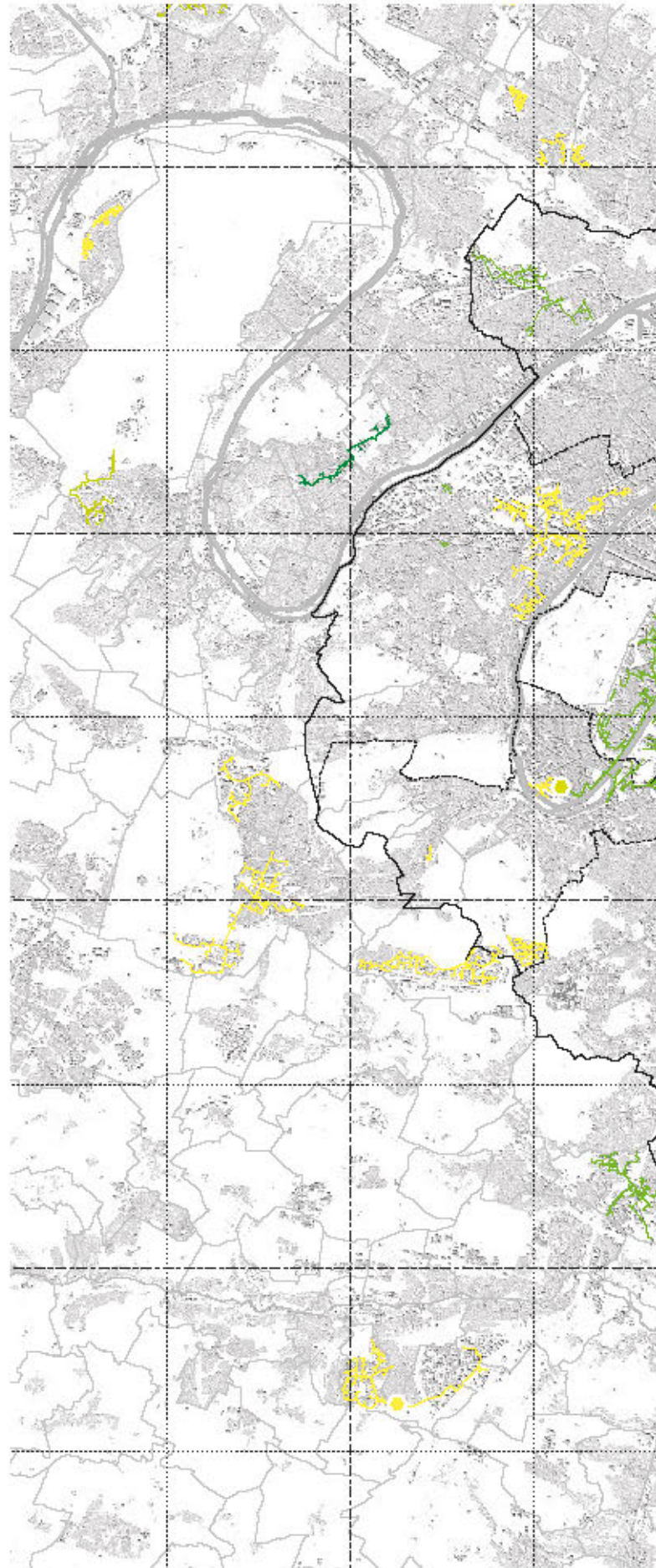
Réseaux de chaleur récents & projets

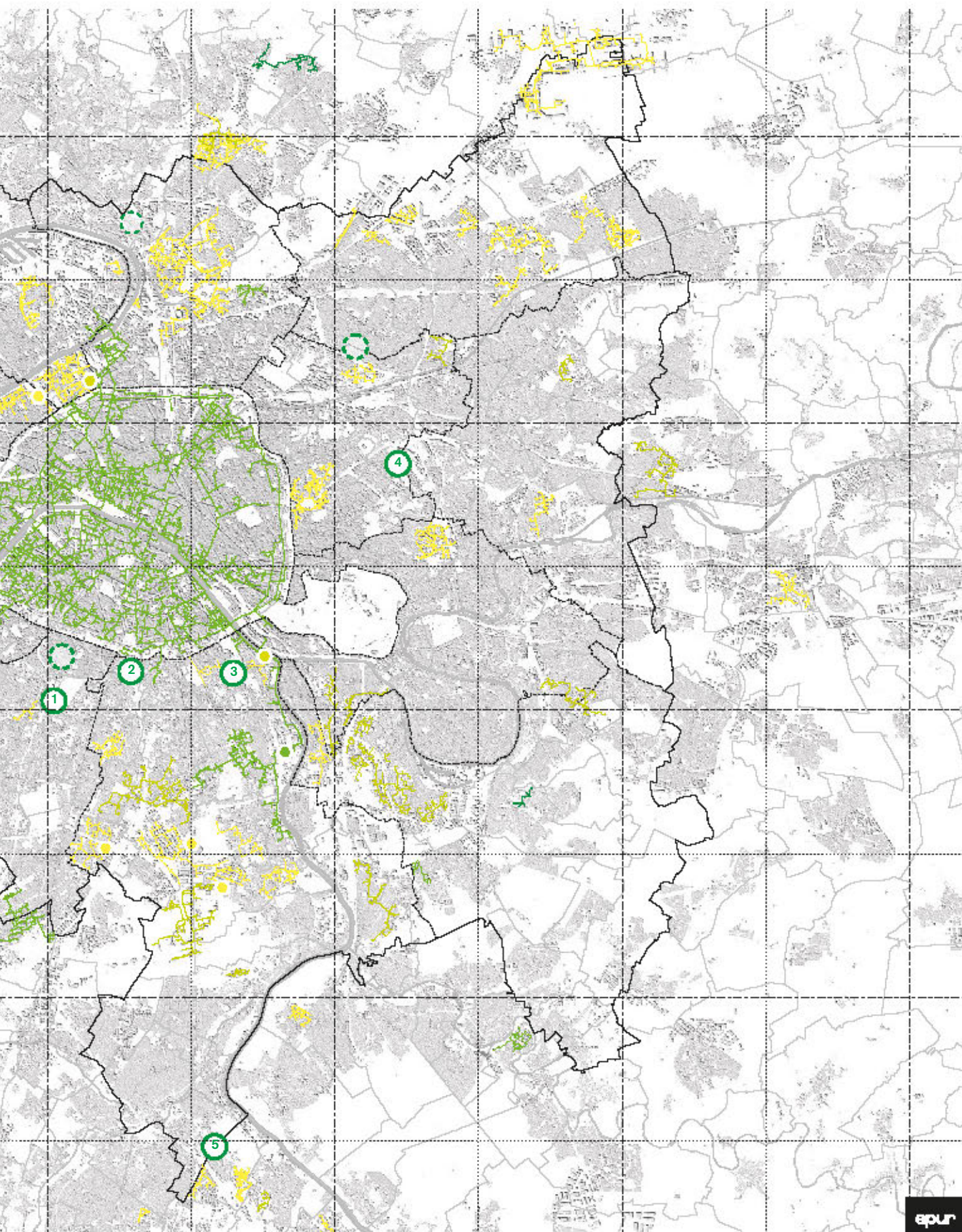


Fond de carte

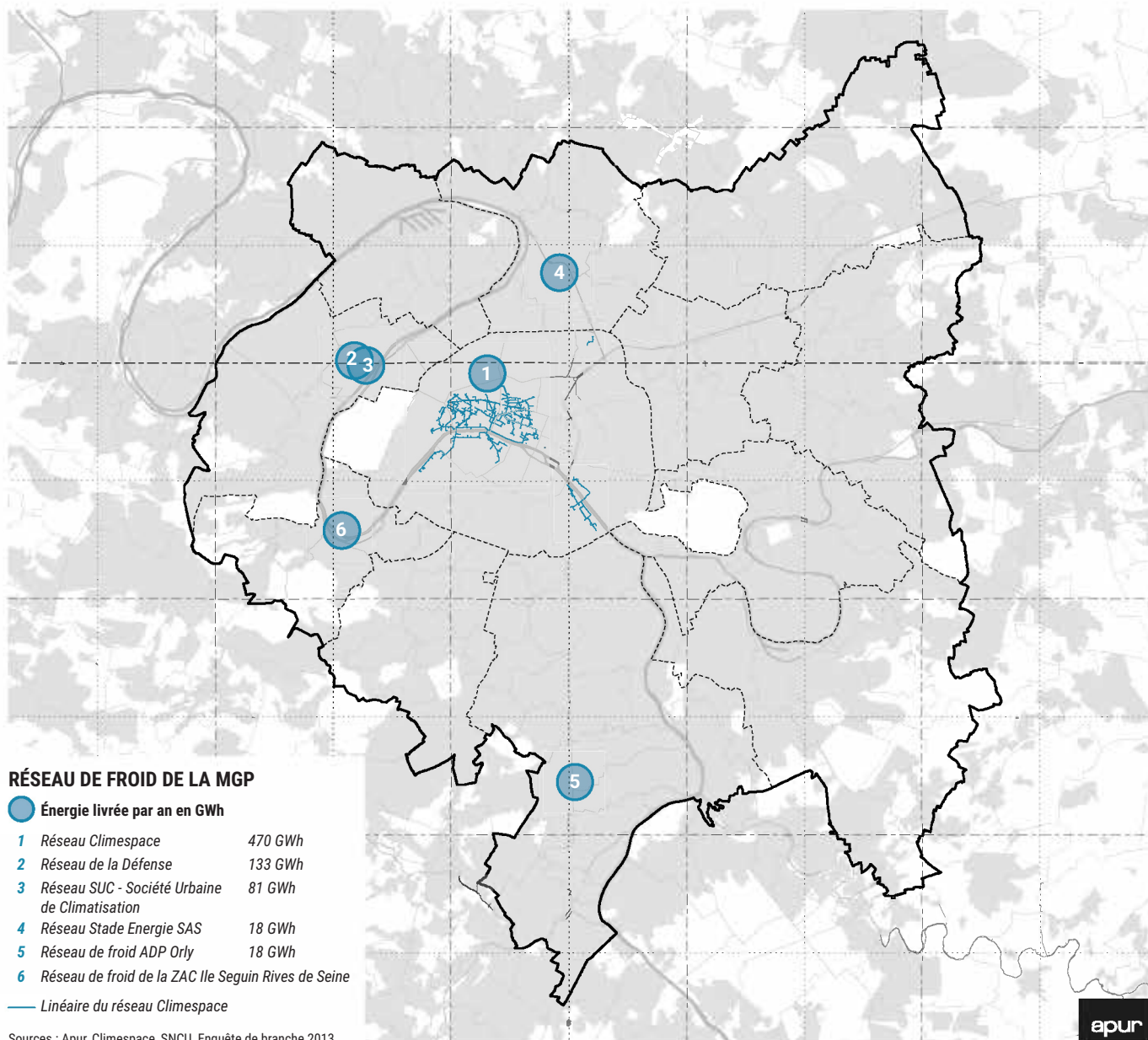


Sources : DRIEE, Enquête SNCU 2016-2017, Cartographie Via Sèva, Sipperec, Apur





Les réseaux de froid



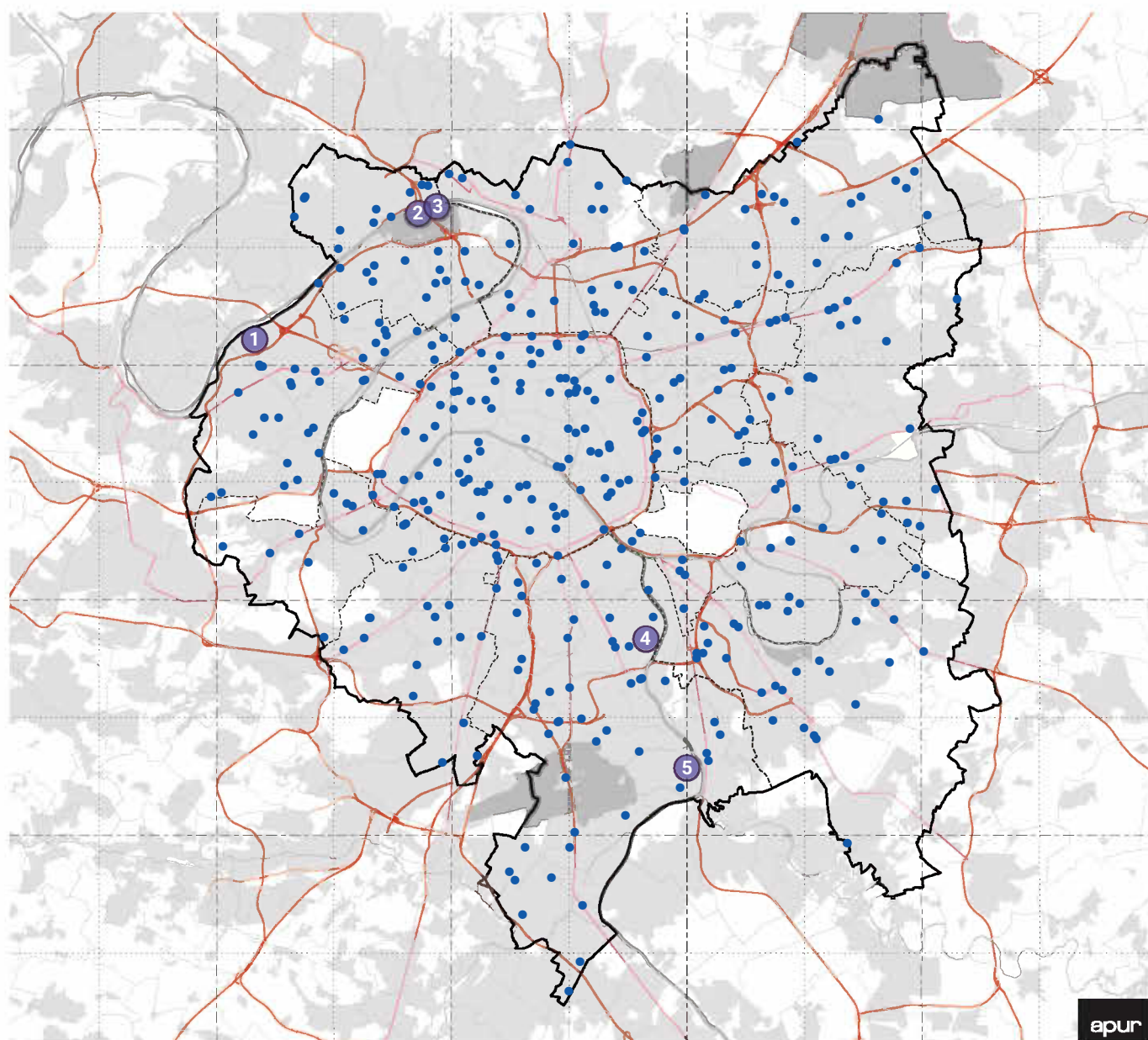
Sur le territoire de la Métropole du Grand Paris, on dénombre un total de six réseaux de froid pour environ 720 GWh de froid délivrés par an pour des besoins annuels de froid estimés à 10 TWh. Au-delà du réseau Climespace, plus grand réseau de froid d'Europe avec ses 73 km et 470 GWh délivrés, les réseaux Enertherm et de la Société Urbaine de Climatisation de la Défense font chacun 14 km et assurent la livraison de plus de 200 GWh de froid. Ces trois principaux réseaux de froid as-

surent une grande partie des besoins de froid de deux des grands quartiers d'affaires de la Métropole du Grand Paris que sont le Quartier Central des Affaires (QCA) et la Défense-Nanterre. Deux des trois réseaux restants sont propres à deux sites caractéristiques de la Métropole du Grand Paris, à savoir : le Stade de France et l'Aéroport de Paris-Orly. Le dernier se situe à Boulogne Billancourt dans la ZAC Île Seguin Rives de Seine.

≈ 700

GWh/an de froid délivrés par les réseaux de froid de la MGP

Pipelines, dépôts pétroliers et stations-service



L'approvisionnement en produits pétroliers

Les produits pétroliers consommés dans la MGP arrivent par l'intermédiaire de deux pipelines : le pipeline de l'île de France (PLIF) long de 268 km et transportant du pétrole brut entre le port du Havre et la raffinerie de Grandpuits (77), le pipeline Le Havre-Paris (LHP) qui alimente les dépôts pétroliers. On retrouve 11 dépôts pétroliers et une raffinerie en IDF pour une capacité de stockage de 1,4 million de m³ soit en-

viron 20 % de ce qui est consommé chaque année (source DRIEE IDF). Cinq de ces dépôts se situent dans la MGP, trois dans les Hauts-de-Seine (92) et deux dans le Val-de-Marne (94).

La consommation de ces produits pétroliers est de deux natures dans la MGP, le fioul pour le chauffage des bâtiments ou les besoins de l'industrie mais surtout sous forme de carburants pour la mobilité. Les 402 stations-service de la MGP représentent les lieux principaux de consommation de produits pétroliers.

LES STATIONS-SERVICE OUVERTES EN 2018

- **Dépôts pétroliers de la MGP**
- 1 *Dépôt de Nanterre* 68 500 m³
- 2 *Dépôt Total de Gennevilliers*
- 3 *Dépôt SOGEPP de Gennevilliers* 96 500 m³
- 4 *Dépôt de Vitry-sur-Seine* 69 000 m³
- 5 *Dépôt de Villeneuve-le-Roi* 85 000 m³
- Stations-service ouvertes en 2019
- Autoroute, bd Périphérique et voie rapide
- Route nationale, ancienne route nationale et voie majeure départementale
- Aéroport, activité portuaire
- Tâche urbaine

Sources : Apur, Zagaz, DRIEE, Préfecture de Police de Paris





3. LES TENDANCES ET ENJEUX DE DEMAIN



Les objectifs de la Métropole du Grand Paris

Le Plan Climat Air Énergie de la Métropole du Grand Paris

Pour contribuer à l'effort global de réduction de gaz à effet de serre, la Métropole du Grand Paris s'est lancée peu après sa création dans l'élaboration du PCAEM. Une version de ce dernier a été arrêtée par le Conseil Métropolitain le 8 décembre 2017.

La stratégie du PCAEM fixe une triple ambition à horizon 2050 : l'atteinte de la neutralité carbone, le respect des recommandations de l'OMS sur la qualité de l'air et l'adaptation du territoire aux changements climatiques. Ces ambitions nécessiteront de réduire les consommations énergétiques, en particulier celles du bâti existant, de développer les nou-

velles ressources pour verdir le mix énergétique mais aussi d'intégrer au mieux les nouveaux besoins (mobilité électrique, confort d'été, etc.).

Vers une division par deux de la consommation d'énergie hors transports

La MGP fixe un objectif de réduction par deux de la consommation d'énergie finale hors transport par rapport à son niveau de 2005. Ce qui correspond à passer de 103 TWh en 2005 à 52 TWh en 2050 (90 TWh en 2015).

Le PCAEM décline les objectifs de réduction de la consommation par secteur d'activité et fixe les jalons intermédiaires suivants : 86 TWh en 2020, 80 en 2024 et 72 TWh en 2030.

OBJECTIF DE RÉDUCTION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE FINALE (PCAEM)

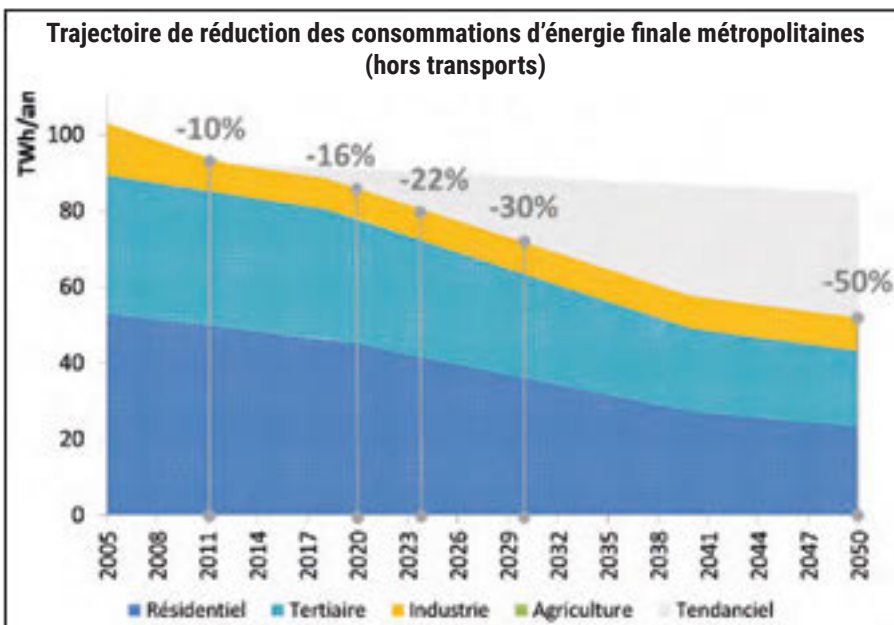


État d'avancement des PCAET

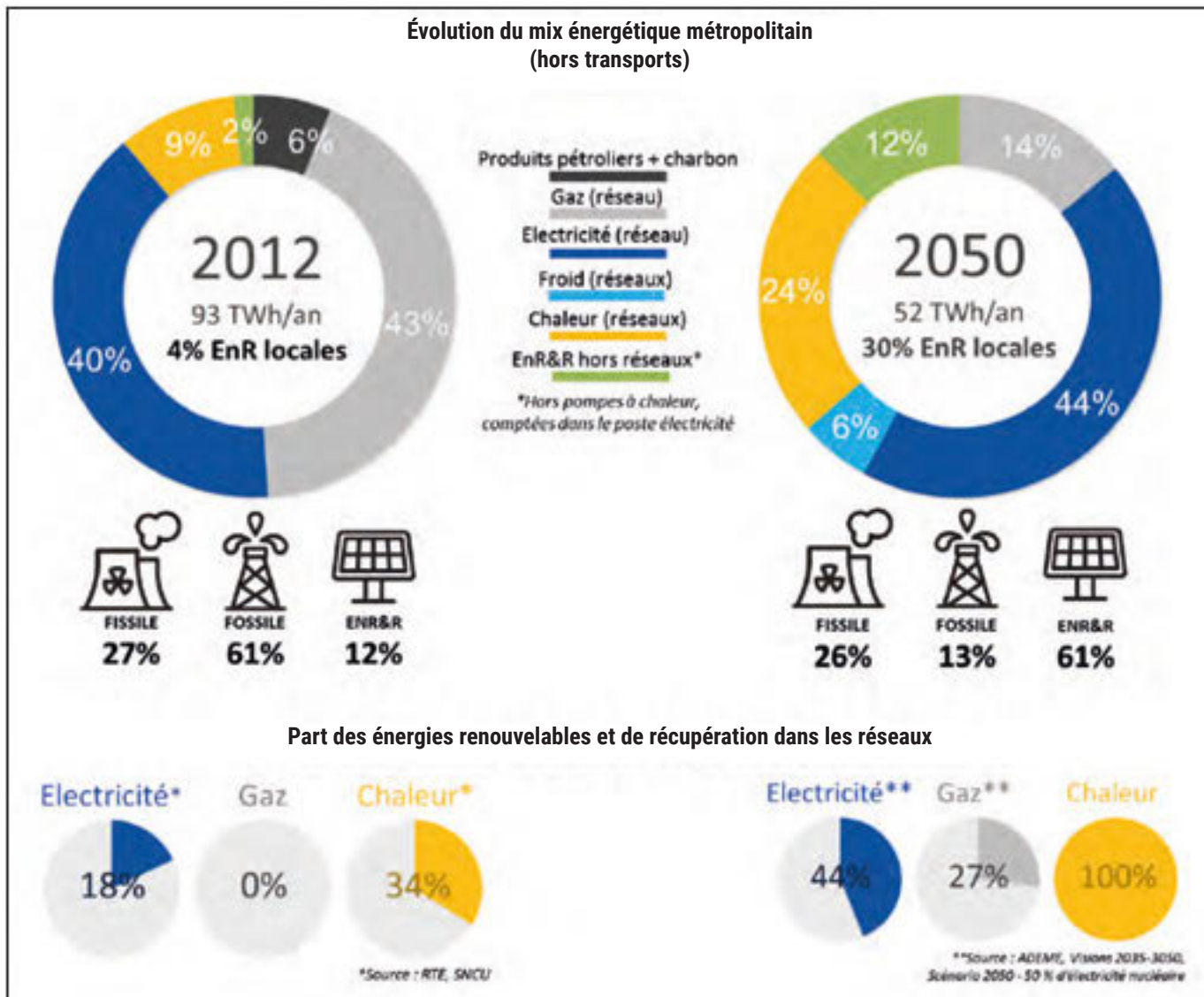
■ Engagé ■ Voté ■ Tâche urbaine

Source : Apur

EXTRAIT DU PLAN CLIMAT AIR ÉNERGIE DE LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS – STRATÉGIE MÉTROPOLITAINE POUR LA NEUTRALITÉ CARBONE



EXTRAIT DU PLAN CLIMAT AIR ÉNERGIE DE LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS – STRATÉGIE MÉTROPOLITAINE POUR LA NEUTRALITÉ CARBONE



Verdir le mix et réduire la dépendance énergétique

En 2012, 12 % de l'énergie consommée sur le territoire métropolitain est issue de sources renouvelables et de récupération (11 TWh/an). Ce chiffre chute à 4 % si l'on ne considère que les ressources d'énergies renouvelables et de récupération locales. Dans son Plan Climat, la Métropole du Grand Paris détaille le mix de la consommation en énergie renouvelable et de récupération :

- Électricité renouvelable issue du réseau (56 %) ;

- Électricité produite localement par cogénération dans les unités de valorisation énergétique (UVE) ou dans les usines de traitement des eaux usées (3 %) ;
- Chaleur renouvelable ou de récupération issue des réseaux urbains (30 %) ;
- Bois énergie pour le chauffage domestique (11 %) ;
- Le reste représente moins de 0,1 %.

Le Plan Climat Air Énergie de la Métropole du Grand Paris décline des objectifs d'évolution du mix énergétique métro-

politain à horizon 2050 avec pour ambition de porter la part ENR&R à 60 % de la consommation finale (avec 48 % de la conso finale assurée par des « ENR&R réseaux » et 12 % par des « ENR&R hors réseaux »). Cette ambition repose pour moitié sur le développement de la production d'énergie renouvelable locale qui devra couvrir 30 % des consommations en 2050.

Un Plan Local Énergie pour la MGP

Les différentes typologies bâties induisent des réponses particulières qui modifieront le système énergétique métropolitain. Si la rénovation thermique des bâtiments et l'adaptation des comportements jouent un rôle de premier plan pour l'ensemble des typologies, l'approvisionnement énergétique sera développé de façons spécifiques :

- Pour l'habitat individuel, on s'approchera de l'autonomie énergétique avec des solutions de géothermie fermée, d'énergie solaire ou de géothermie ouverte pouvant se greffer sur de petites boucles locales d'énergie.
- Pour l'habitat collectif et les tissus mixtes, il faudra favoriser les boucles locales énergétiques valorisant aux mieux les ressources du territoire (énergies fatales, de récupération, solaire, géothermie ouverte, échanges thermiques entre bâtiments) en complément des systèmes énergétiques existants (électricité, gaz et réseaux de chaleur).
- Enfin, certains bâtiments tertiaires et industriels pourront jouer un rôle de régulateur thermique urbain du fait de leurs caractéristiques : apport de chaleur en mi-saison, surfaces importantes de toitures pouvant abriter des centrales solaires, production d'énergie fatale.



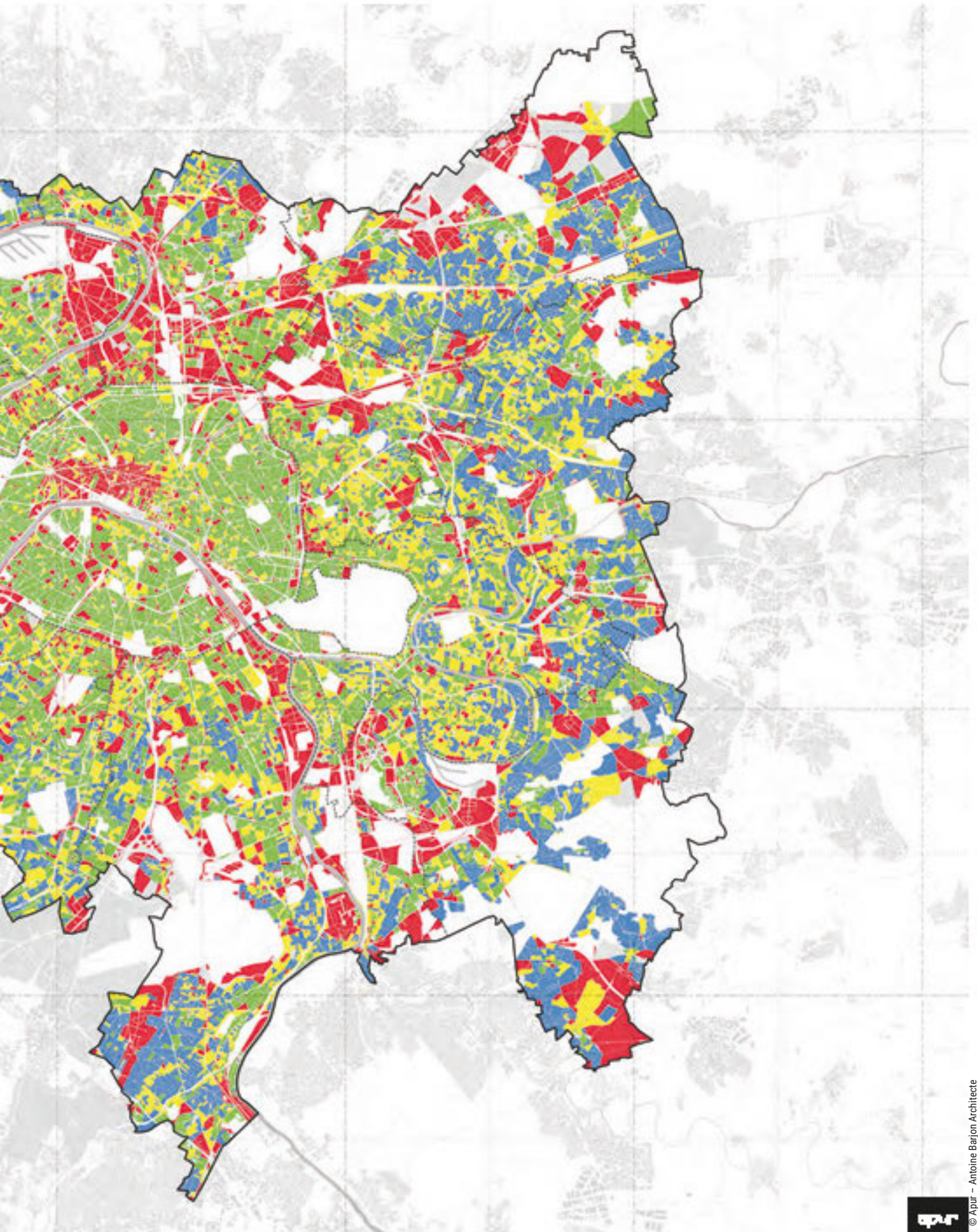
Typologie dominante à l'îlot

- Activité (>60% de la surface totale)
- Logement collectif (>60% de la surface totale)
- Logement individuel (>60% de la surface totale)
- Mixité importante
- Non déterminée
- Emprise d'équipement

Fond de carte

- Métropole du Grand Paris (MGP)
- Territoires de la MGP (EPT)
- Tâche urbaine
- Découpage communal
- Hydrographie

Sources : DGFIP 2018, Apur



Une boîte à outil pour atteindre les objectifs...

Réduire et optimiser la consommation du bâti existant



Isolation thermique



Recyclage, réemploi



Surélévation



Réversibilité
des programmes

Intégrer les nouveaux besoins



Évaporation



Récupération
eau de pluie



Sols perméables



Nouvelles mobilités



Ventilation naturelle



Végétalisation
du bâti

Développer les nouvelles ressources



Géothermie



Eaux usées



Biomasse



Solaire



Déchets

Vers une hybridation du système énergétique



Boucle locale
d'énergie

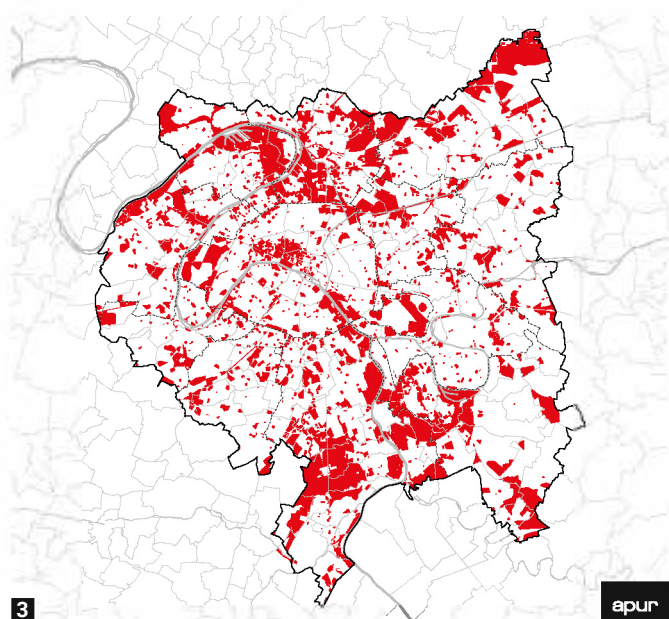
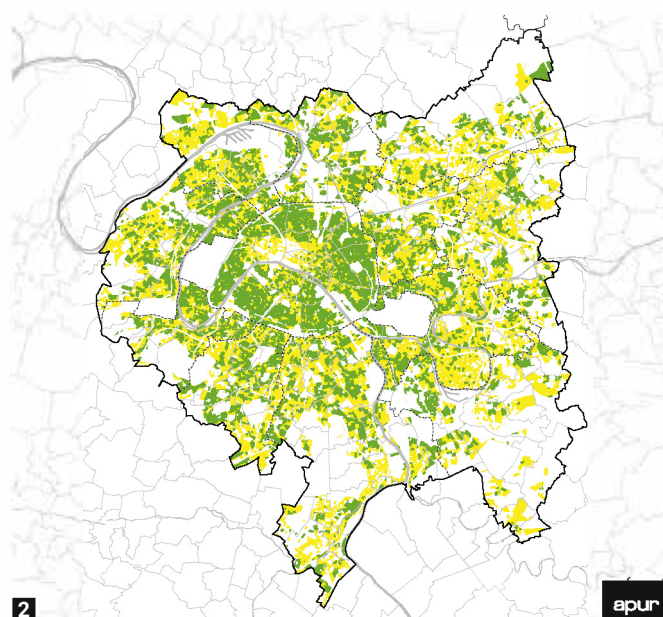
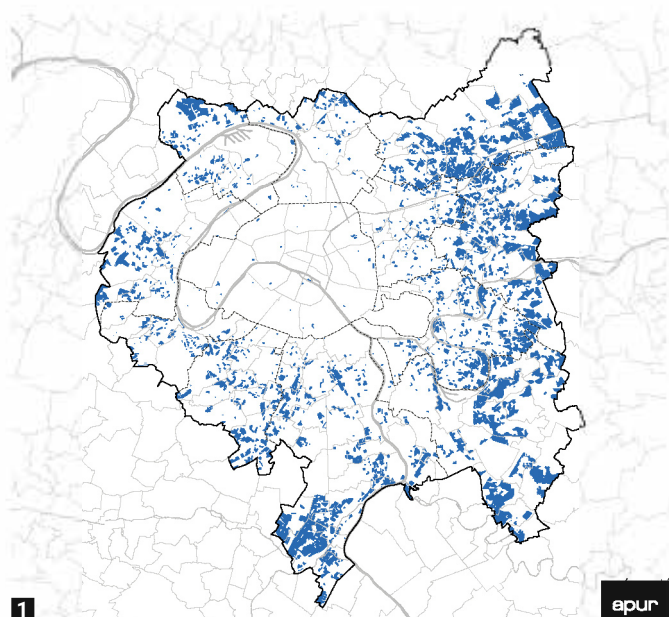


Mutation des réseaux
de chaleur



Smart-grids

...à mobiliser de manière différenciée selon les tissus



1 LE LOGEMENT INDIVIDUEL



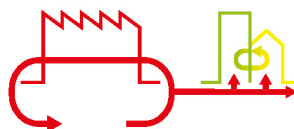
Tendre vers une alimentation autonome pour les logements individuels (réhabilitation thermique, solaire, géothermie de surface).

2 LE LOGEMENT COLLECTIF MIXTE



Une alimentation double pour le tissu d'habitat collectif et mixte avec un recours aux réseaux traditionnels associé à l'apparition de boucles locales d'énergie valorisant les ressources locales (énergies fatales, solaire, géothermie, mutualisation énergétique, etc.).

3 LES ACTIVITÉS TERTIAIRES



Profiter des potentiels offerts par les grands équipements et grands bâtiments d'activités (surface de toiture, espace libre) pour alimenter les boucles locales d'énergie.

Le logement individuel

- 444 350 logements individuels, soit 12,8 % de l'ensemble des logements ;
- 95 % sont situés en Petite Couronne ;
- 50 % du foncier consacré au logement.

Un parc de logement à nette dominante d'habitat collectif

- 3 millions de logements collectifs ;
- 9 logements sur 10 sont collectifs, 45 % se trouvent à Paris ;
- 815 000 logements locatifs sociaux, 1

sur 3 est situé au sein d'un quartier politique de la ville (source RPLS 2016) ;

- 10 % de logements inoccupés (résidences secondaires et logements occasionnels, logements vacants) Insee, recensement 2014.

Un bassin d'activités majeur à l'échelle nationale et internationale

- 150 millions de m² de surfaces tertiaires ;
- 45 millions de m² de bureaux d'après

l'étude Apur Recensement et dynamiques du parc de bureaux, février 2017 ;

- 9 millions de m² de commerces (sans réserves et espaces communs dans les centres commerciaux) ;
- 3 millions de m² d'entrepôts.

Sources des données : Les chiffres sur logements sont issus du recensement de l'Insee de 2013. La connaissance de l'activité tertiaire relève de plusieurs sources de données, le fichier fiscal de la DGFiP, l'étude Apur « Recensement et dynamiques du parc de bureaux » réalisé en partenariat avec le bureau d'études HBS Research, la Base de données commerces (BDcom) de l'Apur et le fichier Sirene de l'Insee.

Réduire et optimiser //

Adresser le défi de la rénovation énergétique

Adapter les exigences de réhabilitation aux typologies bâties

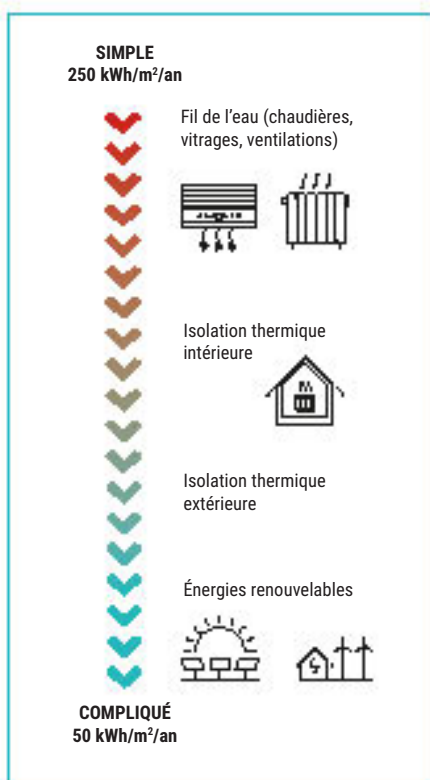
Certains bâtiments sont très peu performants thermiquement mais facilement transformables et adaptables. On pense en particulier aux ensembles des trente-glorieuses qui ont été construits à une époque où les considérations énergétiques étaient totalement absentes des préoccupations des concepteurs. À l'inverse dans les tissus historiques parisiens et des centres-villes anciens, les modes d'interventions et les objectifs doivent être pensés différemment. Les façades sur rue revêtent souvent un caractère patrimonial qui limite l'isolation thermique extérieure. En revanche sur cour, les façades se prêtent aisément à l'isolation extérieure.

Réinterroger la performance énergétique et utiliser des matériaux privilégiant la performance carbone

La logique réglementaire encadrant les pratiques de la réhabilitation thermique a porté jusqu'à aujourd'hui sur le seul critère de performance énergétique. Ce critère apparaît de plus en plus comme insuffisant et l'impérative nécessité de réduire l'empreinte carbone des villes invite à réinterroger notre façon d'apprécier les dispositions réglementaires et incitatives. L'objectif de neutralité carbone fait rentrer dans l'évaluation des projets le contenu carbone de la matière employée, notamment les matériaux d'isolation thermique.

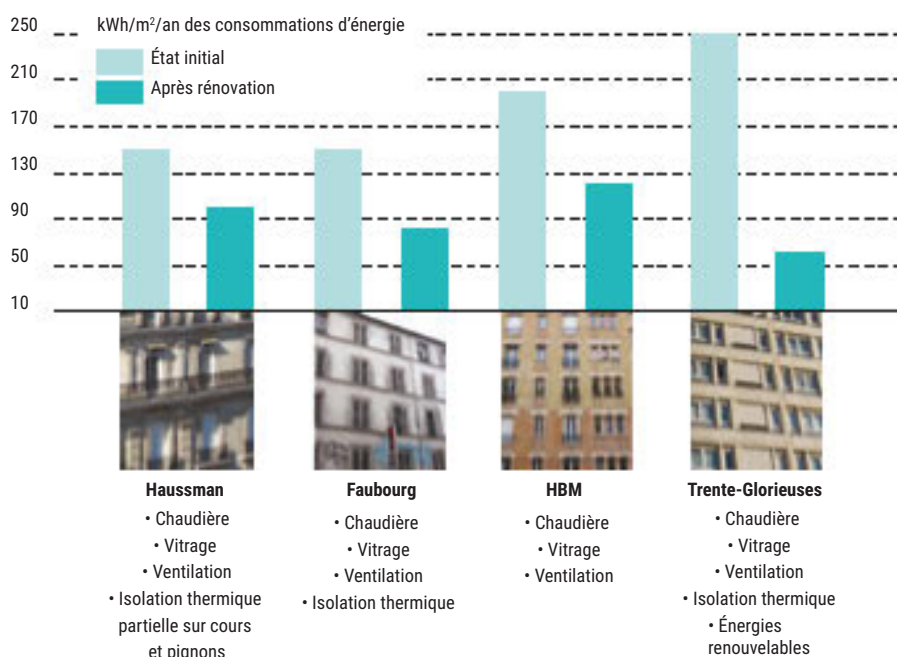
Une attention particulière à porter au tissu pavillonnaire

Cet habitat est mal connu d'un point de vue typologique. Le « pavillonnaire » renvoie à des formes urbaines extrêmement variées et donc à une multiplicité de situations urbaines qu'il serait utile de catégoriser. Il se caractérise aussi par une évolution spontanée et dispersée due à l'action de propriétaires occupants. Les pavillons sont parfois modifiés, étendus, surélevés, redécoupés, etc. Avant d'apprécier la question énergétique spécifiquement posée par les tissus pavillonnaires, il est nécessaire de dresser un panorama des différents types d'habitat que recouvre la dénomination de « pavillonnaire » ainsi que les transformations qui les animent.



OPTIMISER LA RÉNOVATION DU BÂTI ?

Des gains différenciés pour la rénovation thermique selon les typologies bâties



GRAMMAIRE POUR UNE VILLE NEUTRE EN CARBONE ET RÉSILIENTE

Les émissions de gaz à effet de serre peuvent varier de 1 à 5 entre une réhabilitation et une construction neuve. Pour cette raison simple, il convient de tirer parti au maximum de l'existant en évitant autant que possible l'acte de démolition. S'appuyer sur la flexibilité des programmes, pouvoir transformer des bureaux en logements, et vice-versa, des crèches en équipements à destination des personnes handicapées, ou de tout simplement ne pas détruire de logements comme cela a été le cas pour la Tour Bois le Prêtre constituent des pratiques à privilégier. Paris au fil des siècles s'est reconstruite sur elle-même, avec ses propres matériaux. C'est avec cette histoire qu'il s'agit de renouer car si aujourd'hui, le réemploi des matériaux ou leur recyclage peuvent être des thèmes plus ou moins traités dans certains chantiers, ils ne sont que rarement intégrés dès la conception. Ce qui à première vue pourrait relever du bon sens constitue en fait aujourd'hui encore de l'innovation dans le contexte très normé de la construction : il est toujours plus simple de considérer la matière comme un déchet plutôt que comme une ressource puisqu'à ce moment-là, il faut pouvoir la stocker en attendant de lui trouver un exutoire ; le recyclage même de la matière coûte encore aujourd'hui moins cher que le réemploi. Autant de freins à lever pour favoriser l'utilisation de cette matière présente en favorisant le développement de filières adaptées.

Exploiter le gisement du « déjà-là »

La ville de demain sera constituée à 90 % de celle qui est déjà là, c'est donc l'usage de ce stock qui devra évoluer. La ville regorge de lieux sous exploités, ou exploités seulement pendant certaines plages horaires ; locaux vacants, parkings, sous-sols, équipements, cours



Transformation de 22 000 m² de bureaux en logements – Sky, Courbevoie (92400)

Construit en 1987, cet immeuble de bureaux a été transformé en immeuble de logements par les architectes Reichen & Robert. 184 logements en accessions / 46 logements étudiants / résidence d'affaire de 99 logements / 1 200 m² de commerces / 650 m² de locaux d'activités.

d'école, friches, infrastructures ou espaces publics. Ces ressources constituent un gisement important pour répondre aux nouvelles attentes des habitants en minimisant les émissions de carbone. Ainsi l'utilisation des parkings vides plutôt que la création de nouvelles places, la réinvention de nouveaux usages pour les sous-sols, la reconquête des infrastructures et des espaces publics, la fermeture de voies pour créer des espaces verts, ou l'ouverture plus large des équipements publics, sont autant de leviers à actionner par la mise à disposition d'outils pour faciliter l'animation citoyenne de ces espaces.

Multiplier les usages du foncier en imbriquant les fonctions

Dans un contexte de foncier rare, la recherche d'économie d'espace et de mutualisation doit inciter à tirer le meilleur parti de chaque site. Chaque projet doit être envisagé comme un potentiel, une ressource qui doit pouvoir contribuer au fonctionnement de la ville. Les programmes d'habitat ou d'activités

doivent aujourd'hui s'enrichir de fonctions complémentaires, végétalisation, agriculture urbaine, équipements, services urbains, logistique ou production d'énergie, qui chacune contribuent à adapter la ville aux évolutions du climat et aux besoins des habitants.



Intégrer les nouveaux besoins //

Les projets urbains

Le territoire métropolitain compte aujourd'hui près de 500 territoires ouverts à la réflexion ou au projet urbain à des degrés divers. Parmi ceux-ci, ce sont 184 zones d'aménagement concerté (ZAC) qui sont en cours pour près de 3 000 ha, traduisant d'ores et déjà une transformation nette du territoire, et aussi des besoins en énergie. Pour les opérateurs de réseaux d'énergie, il y a un réel enjeu à avoir la connaissance la plus précise possible pour :

1. Intégrer les consommations futures et ajuster les infrastructures ;
2. Mutualiser les opérations de renouvellement des infrastructures avec d'autres types de travaux (pistes cyclables, transport en commun, requalification de voiries, etc.) ;
3. Anticiper les enjeux paysagers (mise en souterrain de lignes électriques, compactage de postes électriques, etc.) ;
4. Limiter les dommages sur les infrastructures urbaines liés au projet urbain.

184

ZAC en cours de réalisation dans la MGP (sur environ 2 930 ha)

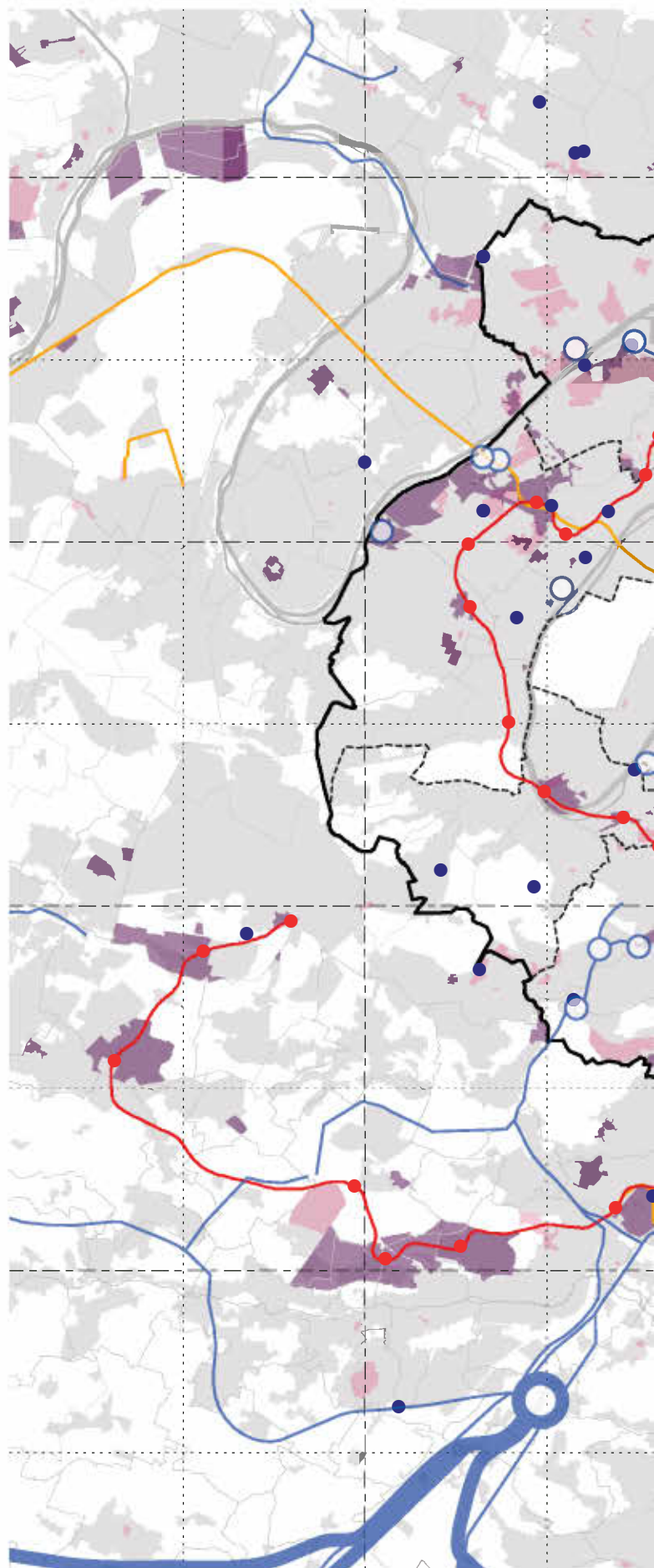
Les projets d'aménagement et de transports du Grand Paris

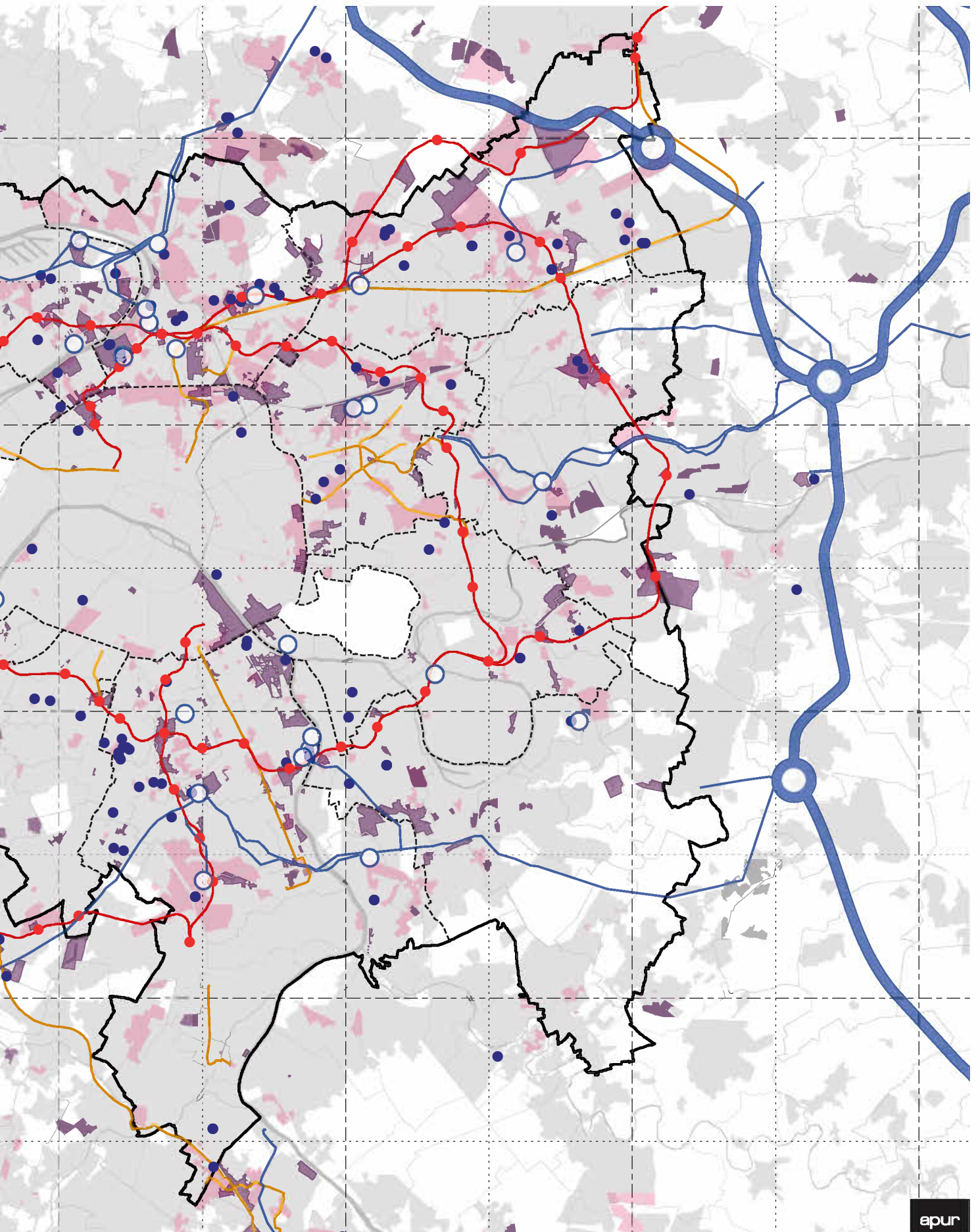
- Zone d'Aménagement Concerté (ZAC)
- Projets de Renouvellement Urbain (PRU), autres projets en cours
- Réseau du GPE
- Autres projets transports en cours

Infrastructures énergétiques visibles

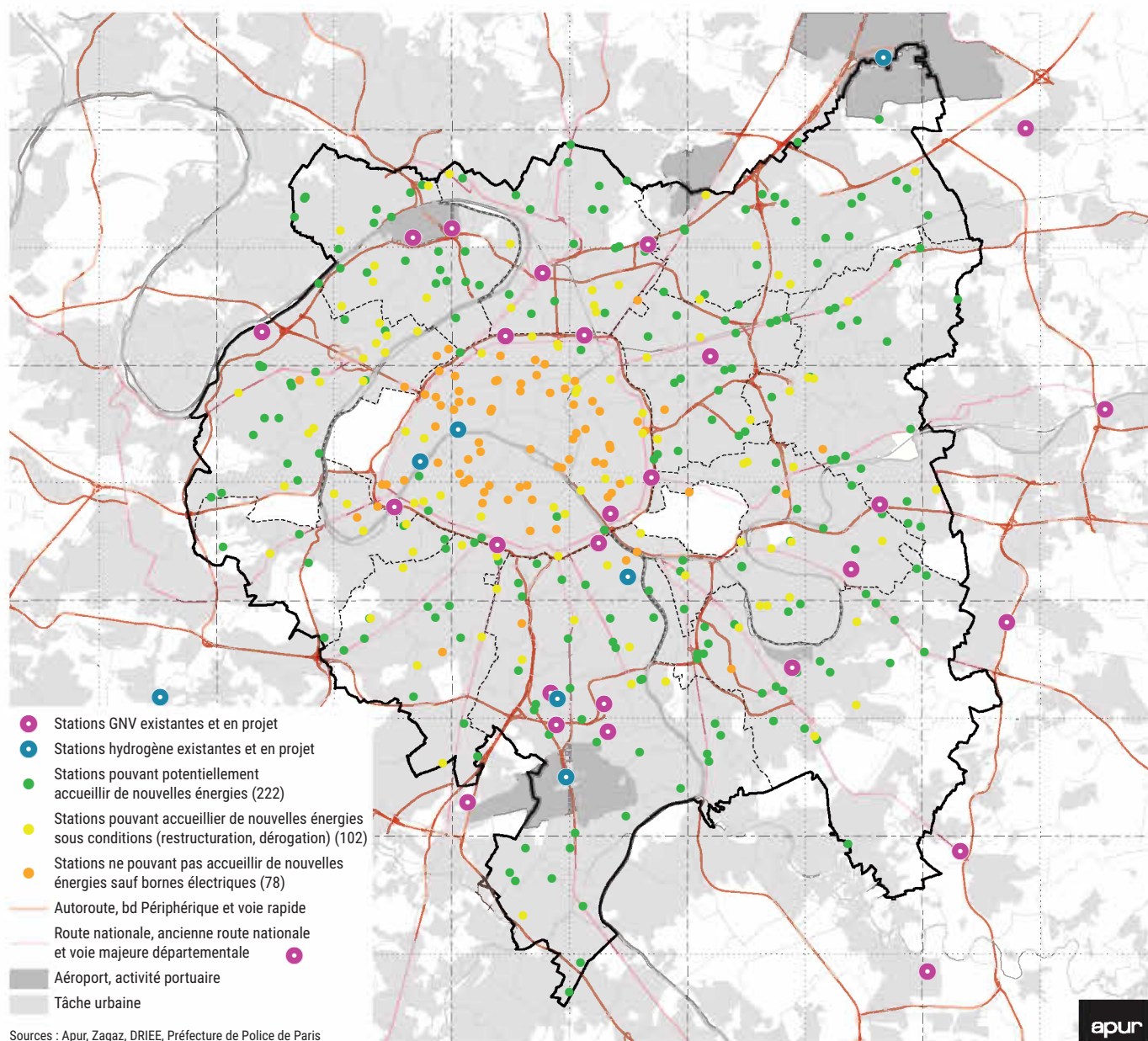
- Sites de production (chaufferie réseaux de chaleur, usine d'incinération, centrale thermique)
- Postes électriques aériens
- Réseau aérien RTE (400 kV)
- Réseau aérien RTE (225 kV ou inférieur)
- Tâche urbaine

Sources : RTE, DRIEE, SGP, Île-de-France Mobilités, Apur





Intégrer les nouveaux besoins // Les mobilités propres



Le déploiement de motorisations décarbonées souhaité par les pouvoirs publics devra être associé au développement de nouvelles infrastructures d'avitaillement.

S'appuyer sur le réseau de stations-service

Les 402 stations-service de la MGP constituent un réseau très équilibré spatialement, bénéficiant d'une inscription le long des infrastructures routières ancrées dans l'histoire. L'adossement des nouvelles énergies à ce réseau constitué

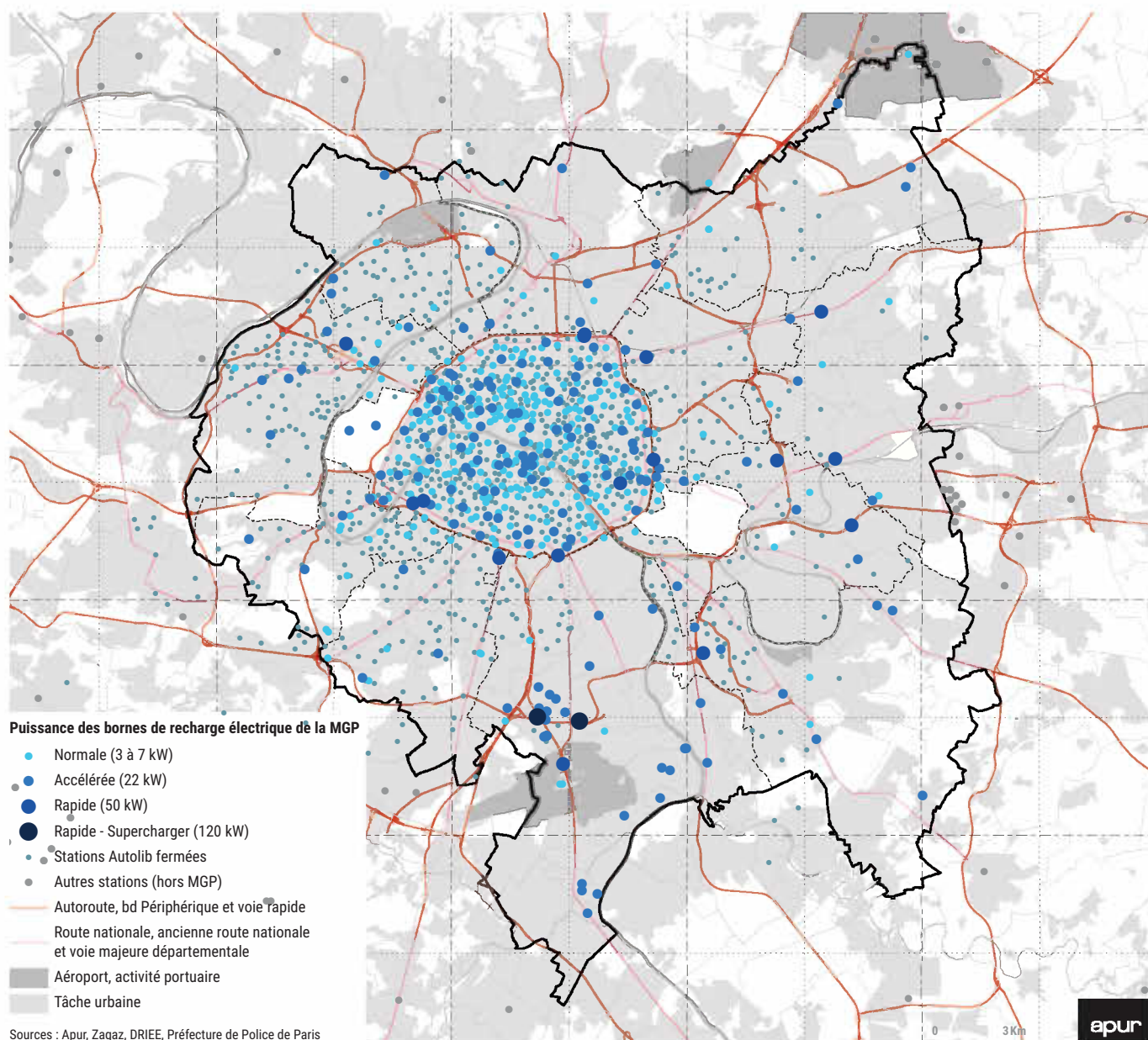
représente une opportunité à saisir dans un contexte de foncier rare. C'est dans cette optique que l'Apur a réalisé un travail sur la capacité de ces ouvrages à accueillir de nouvelles énergies.

Des projets de stations dans la MGP

Une dizaine de stations GNV ouvertes au public sont en projet sur le territoire métropolitain dont au moins 6 devraient être réalisées à Paris d'ici 2022. Elles viendront s'ajouter aux 11 stations

publiques existantes. On peut notamment citer l'ouverture prochaine de la station de Noisy-le-Grand, fruit d'une collaboration étroite entre la SEM mobilité propre du Sigeif et la ville.

Les partenariats entre EDF et Mc-Phy, et entre Air Liquide, Toyota, Idex et la Société du Taxi Électrique Parisien, en vue de développer l'hydrogène décarboné en France et à l'international témoignent d'une nouvelle étape dans l'essor de cette technologie. La montée en régime annoncée de la flotte Hype, qui passera



de 100 véhicules en mars 2019 à 600 à la fin 2020, en est une traduction.

Les bornes de recharge électriques

Au 1^{er} janvier 2019, on dénombrait 7 100 bornes accessibles au public dans la MGP dont 69 % de bornes Autolib' fermées ou en cours de réouverture. Ce réseau est composé à 93 % de bornes à vitesse normales, à 6 % de bornes à vitesse accélérée et à 1 % de bornes à vitesse rapide.



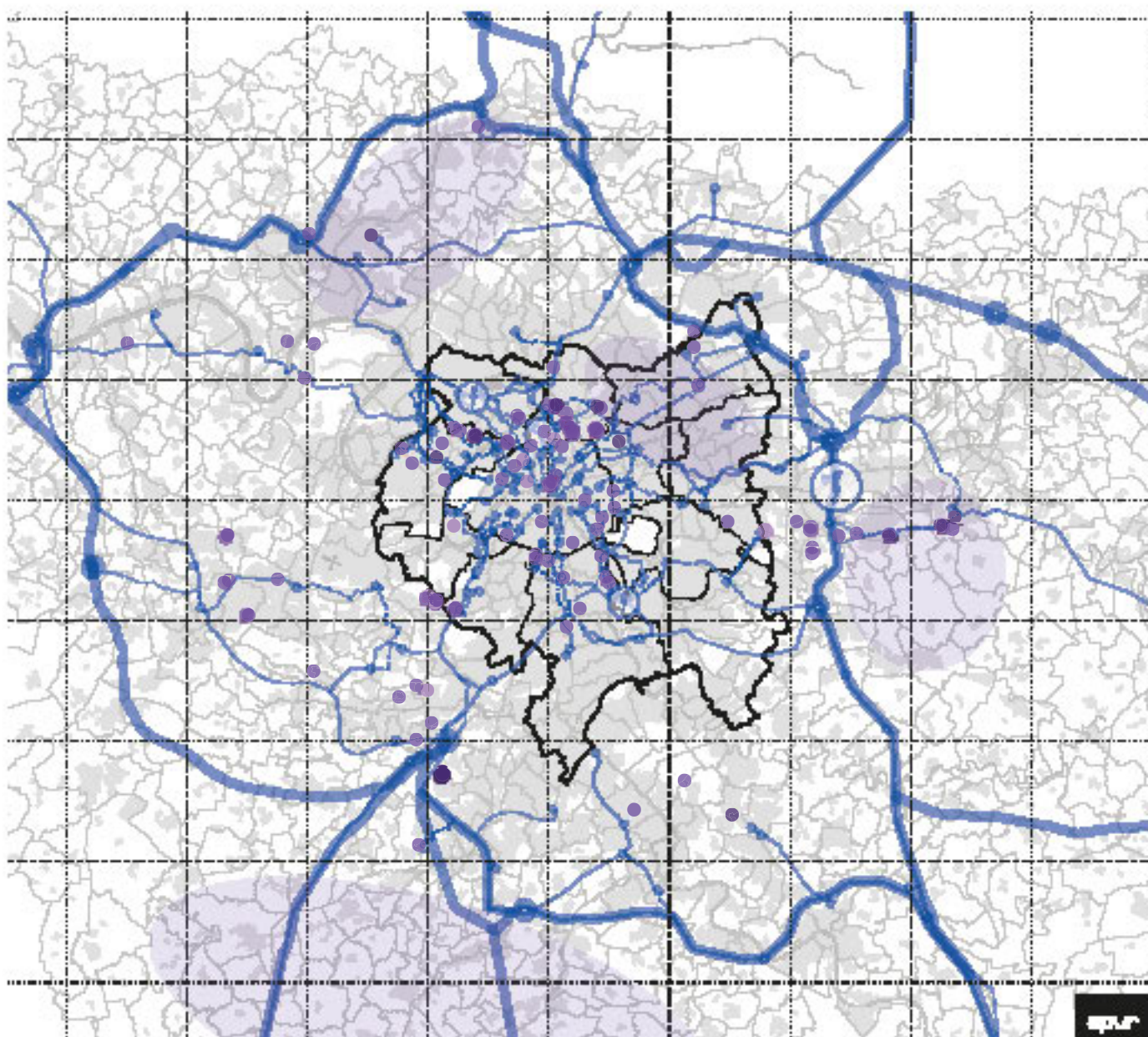
7 100

bornes électriques accessibles au public dans la MGP en 2019

Note de lecture

La carte présente l'infrastructure de bornes accessibles au public, qu'elle soit en fonctionnement ou désactivées comme c'est le cas pour une grande partie du parc hérité du système Autolib'. Les bornes de recharges du parc de logements (pavillonnaire, parkings du parc de copropriétés et du parc social) et les « bornes privées » (immeubles de bureaux, etc.) ne sont pas représentées.

Intégrer les nouveaux besoins // L'essor des data centers



LES DATA CENTERS EN IDF

Taille des data centers franciliens

- Non déterminée
 - Hyperscale – plus de 10000 m²
 - Grands – entre 500 et 10000 m²
 - Moyens – entre 100 et 500 m²
- Zone d'accueil de data centers
(nombreuses demandes
d'implantation transmises
à RTE en 2018-2019)

Sources : L'Institut Paris Region Occupation du sol 2012, IGN, OpenStreetMap contributor, Apur, RTE

Infrastructure électrique RTE

- Postes sources 225kV
- Postes de transformation 400 kV
- Postes aériens
- Postes en bâtiment
- Postes indéterminés
- Liaisons aériennes 400 kV
- Liaisons aériennes 225 kV
- Liaison souterraine 225 kV
- Tâche urbaine

Un data center à l'architecture bioclimatique à Champs-sur-Marne (77)

Une construction verticale et un recours au free-cooling pour rafraîchir les serveurs, pas de réseau d'eau glacée.

L'Île-de-France accueille près de la moitié des data centers français, le territoire de Plaine Commune plus d'un dixième

Le territoire francilien est au cœur du développement des datacenters à l'échelle européenne. Le prix relativement bas du foncier dans certains territoires, la qualité de l'infrastructure électrique peu émettrice de CO₂ et une énergie peu chère et enfin l'important développement de l'infrastructure de fibre optique constituent des atouts très appréciés par les opérateurs de data centers. Ce contexte favorable a permis l'installation d'environ 120 datacenters en Île-de-France dont environ une quinzaine à Plaine Commune.

120

data centers en IDF

3 000 MW

de demandes d'implantation par an, soit les besoins électriques de 3 M d'habitants

(source RTE)

Un développement important : un enjeu pour la soutenabilité du réseau électrique

RTE constate une accélération importante sur le territoire francilien avec plus de 3000 MW de demandes d'implantation de datacenters par an en 2018 et 2019. RTE observe un phénomène « boule de neige », à partir du moment où un premier opérateur obtient la puissance, les concurrents se positionnent. D'après les demandes d'implantation étudiées par RTE, deux phénomènes se superposent :

- L'implantation de datacenters de taille intermédiaire en Seine-Saint-Denis. Entre 40 et 100 MW par datacenter. Les sites déjà implantés veulent se développer du fait de la demande croissante de stockage de données.
- L'implantation de MégaDatacenters de 100 à 500 MW dans le sud de l'Essonne/Saclay. Un datacenter de 500 MW correspond aux besoins électriques de 500 000 habitants.

Certaines villes ou gouvernement européens prennent des mesures pour réguler ce phénomène. Par exemple, la ville de Londres a mis en place un tarif spécifique pour les surréservations de puissance

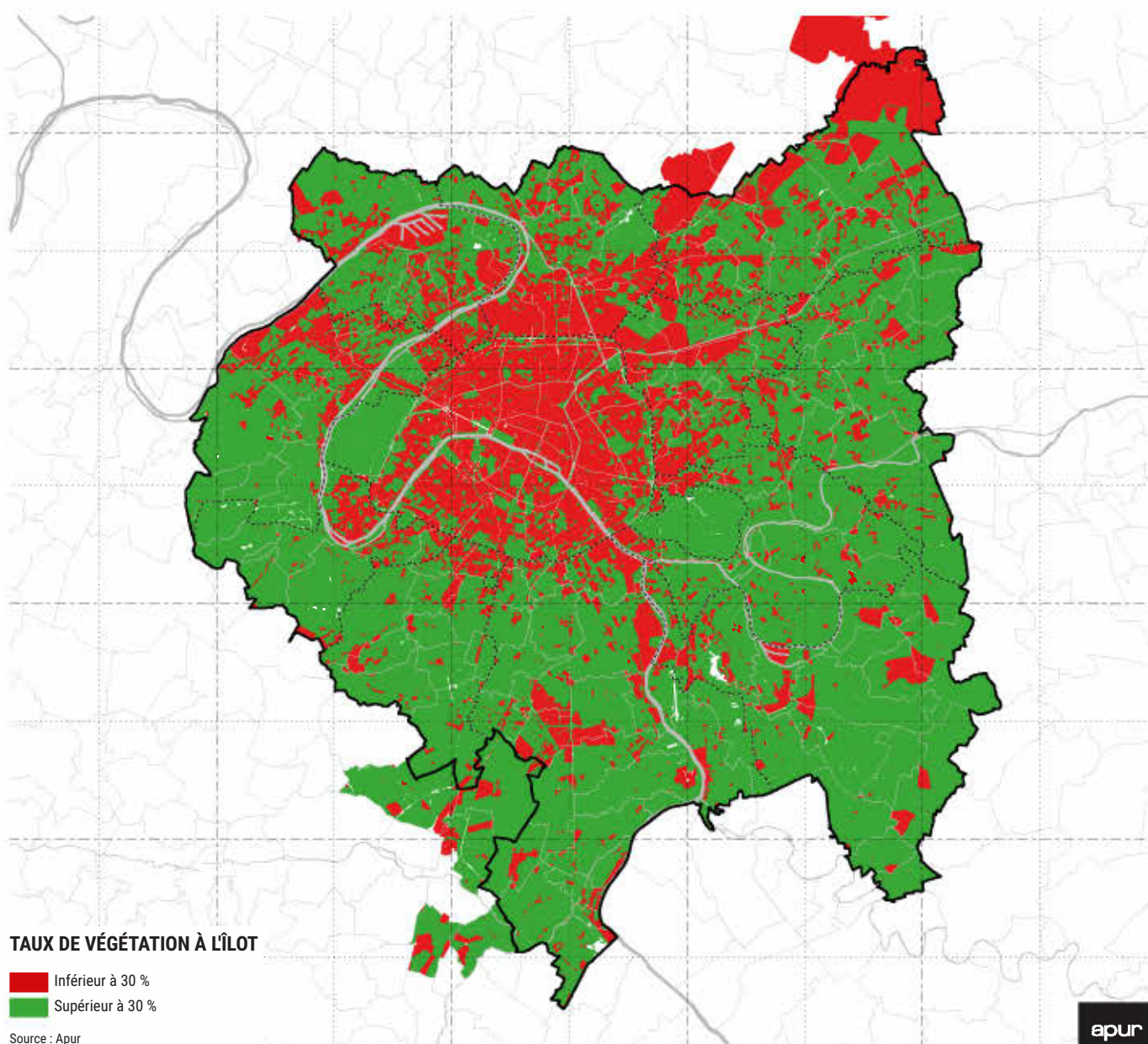
électrique et Amsterdam a instauré une politique de régulation de l'implantation de nouveaux datacenters.

Un enjeu de réduction de l'empreinte environnementale

Les préoccupations environnementales poussent les concepteurs de data centers à faire évoluer la nature du parc. La prise en compte de l'énergie grise des équipements, l'augmentation de la température de refroidissement minimale (aujourd'hui inférieure à 20 °C), l'ajustement de la puissance de raccordement et l'optimisation de l'utilisation des serveurs, l'intégration d'ENR&R et plus particulièrement le recours à des systèmes de refroidissement naturels (freecooling et watercooling) représentent autant de pistes d'amélioration déjà engagées. Ces évolutions en matière de sobriété et d'efficacité permettront d'amoindrir l'impact des data centers sur le réseau électrique. Le réseau de gaz est aussi identifié comme une solution pour faire face au problème de saturation du réseau électrique, avec l'émergence de data centers alimentés par trigénération gaz. On peut notamment citer le projet de data center à Aubergenville dans les Yvelines dont GRDF assurera le développement de la solution de trigénération retenue pour son alimentation énergétique.

Le sujet de la récupération de chaleur sur les data centers s'avère difficile à mettre en œuvre en dehors de certaines configurations singulières (data centers « in-house » à l'image de celui du ministère de La Défense à Balard). L'étude chaleur fatale en Île-de-France de l'Ademe estime le potentiel de récupération de chaleur fatale des datacenters situés à proximité des réseaux de chaleur existants et mentionne les installations de récupération de chaleur du Data Center du Val d'Europe en Seine-et-Marne (77) et de celui de la Ville de Paris, Porte de la Chapelle (75), seuls exemples de mutualisation avec des réseaux de chaleur en Île-de-France.

Intégrer les nouveaux besoins // Le confort d'été



Des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes, des besoins de froid en hausse

Les consommations liées au froid progressent. En 20 ans, elles ont ainsi doublé dans les commerces parisiens. Au niveau national, le marché de la climatisation affiche une croissance continue (+ 8 % en 2017). Évolutions culturelles et climatiques sont autant d'éléments qui permettent d'expliquer cette tendance. À horizon 2050, les effets du réchauffement climatique pourraient

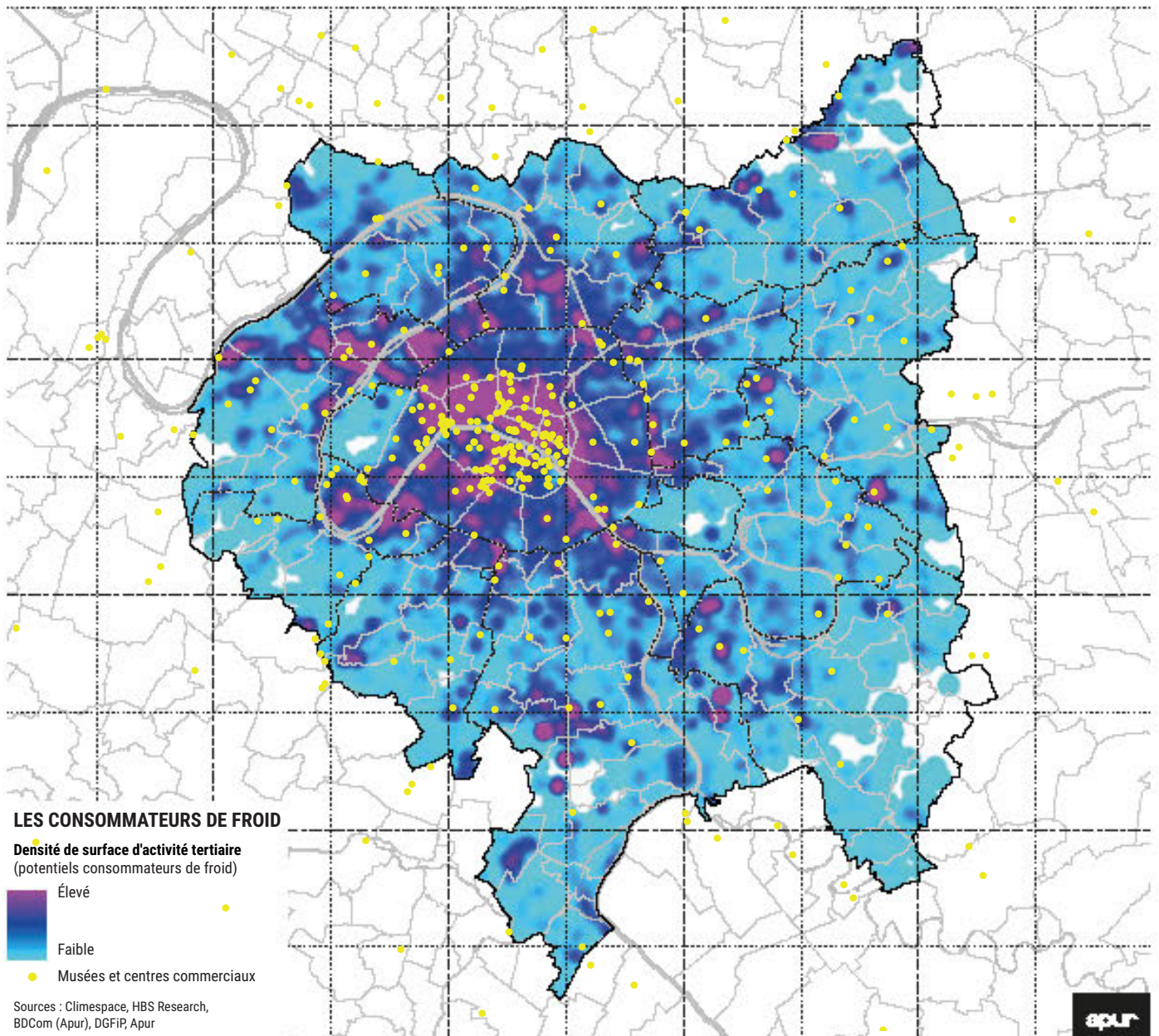
venir amplifier ce phénomène, c'est pourquoi il est nécessaire de réfléchir dès maintenant aux solutions à promouvoir selon les tissus.

Dans la Métropole du grand Paris, les besoins de rafraîchissement, principalement du ressort de l'activité tertiaire (bureaux, commerces et équipements) sont aujourd'hui mal connus (de l'ordre de 12 TWh pour la MGP, source PLE). En dehors des réseaux de froid, ils sont principalement assurés par des

systèmes autonomes électriques qui peuvent affecter la qualité de vie, l'environnement et le réseau électrique (émissions de GES, renforcement des îlots de chaleur et besoins électriques importants).

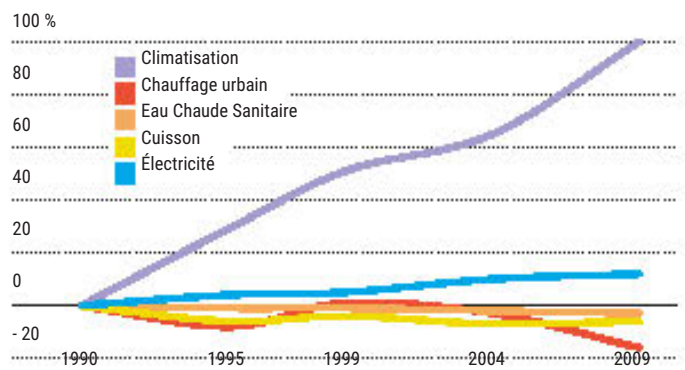
Une diversité de solutions pour assurer le confort d'été en ville et dans les bâtiments

1. L'aménagement pour lutter contre les îlots de chaleur urbains (desimper-méabiliser pour faciliter le cycle na-



- turel de l'eau, végétaliser l'espace public, les cours et les bâtiments, etc.);
2. La conception bioclimatique des bâtiments;
 3. Favoriser les dispositifs techniques vertueux (rafraîchissement à partir de la géothermie sur nappe, réseau de froid, etc.).

ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES COMMERCES PARISIENS DE 1990 À 2009



Source : CEREN

Nouvelles ressources // Le solaire

Le cadastre métropolitain réalisé dans le cadre du Plan Local Énergie

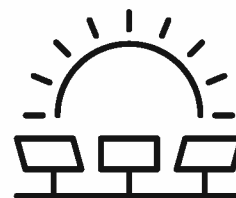
Dans le cadre de la réalisation du Plan Local Énergie, l'Apur a étendu le cadastre solaire alors disponible sur Paris à l'ensemble de la Métropole du Grand Paris et a effectué un premier travail d'estimation de potentiel à cette échelle.

La Métropole du Grand Paris compte 1,1 million de bâtiments pour environ 150 millions de m² de toiture (27,5 millions pour Paris). Le cadastre solaire fait ressortir 90 millions de m² de toiture

bénéficiant d'un ensoleillement moyen supérieur à 800 kW/m², soit l'ensoleillement jugé suffisant pour envisager l'installation d'un système solaire (14,7 millions pour Paris).

Le travail d'estimation alors mené conduit à un potentiel de 6,1 TWh/an pour la MGP.

Les autres surfaces déjà artificialisées comme les parkings ou encore la trame viaire représentent un foncier où le développement de parcs solaires peut être envisagé en veillant à respecter les enjeux paysagers et patrimoniaux.

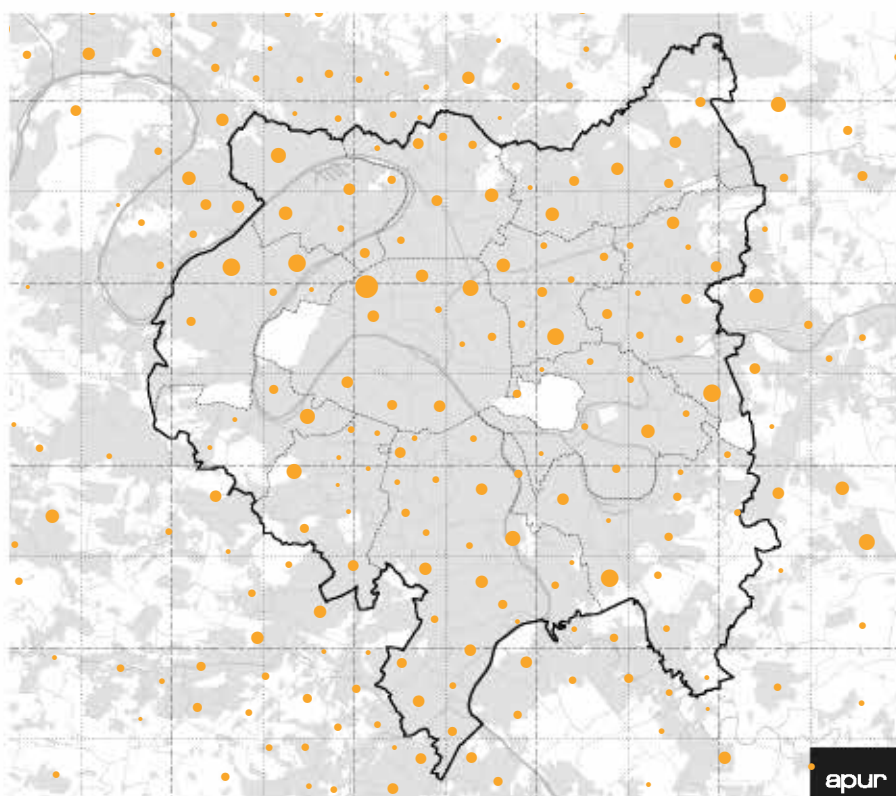


6 TWh

potentiel d'énergie solaire à l'échelle de la MGP (Apur)

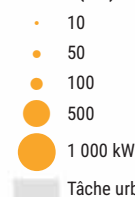
90

millions de m² de toiture bénéficiant d'un ensoleillement suffisant dans la Métropole

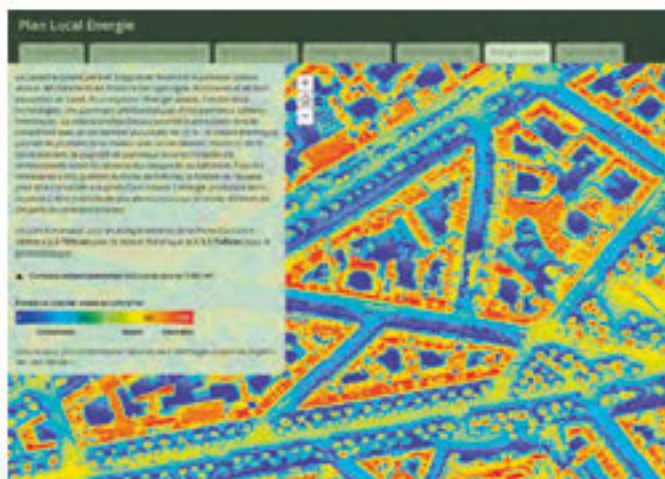
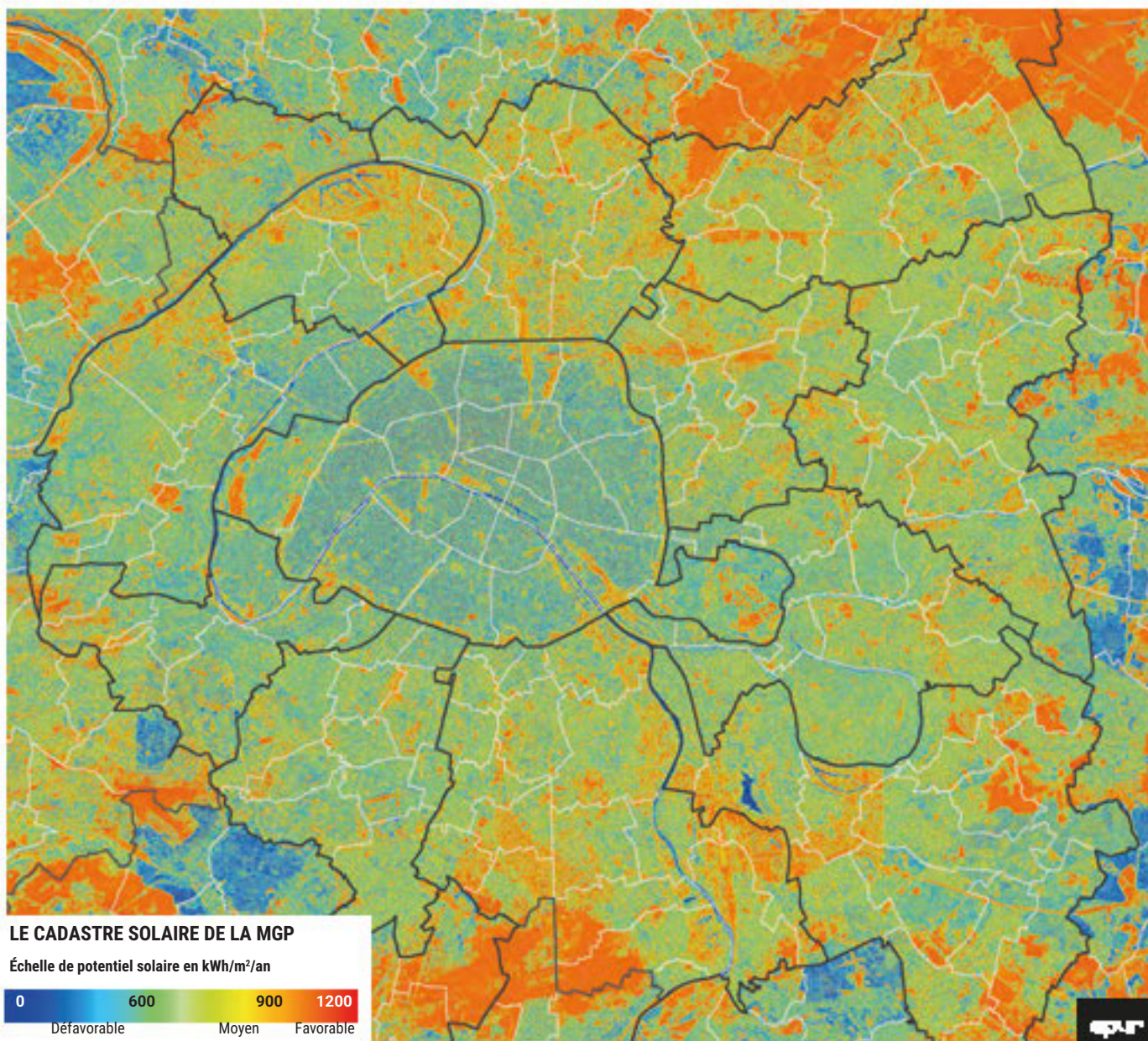


PARC SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE DE LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS

Puissance solaire raccordée par commune en 2019 (KW)



Sources : Enedis, RTE via l'Agence ORE



Note de lecture

Le cadastre solaire est un plan d'ensoleillement annuel. Pour chaque emplacement sur le plan, et à partir du modèle numérique d'élévation 2012 (MNE, InterAtlas), est calculée une valeur traduisant la quantité de d'énergie solaire (rayonnement solaire global) en Kwh/m²/an, elle-même fonction de la durée moyenne d'ensoleillement annuel. Cette durée dépend de plusieurs paramètres dont la variation de l'altitude, l'orientation (pente et exposition), ainsi que les ombres créées par la topographie. La version ici présente ne couvre pas l'ensemble du territoire de la MGP, dont le périmètre n'était pas encore définitif au moment des calculs. Une extension de ce périmètre à partir du MNE 2015 est prévue.

Données disponibles en open data

Le cadastre solaire est consultable via la carte interactive du [Plan Local Énergie](#). Une donnée d'ensoleillement moyen annuel par bâtiment est disponible sur l'open data de l'Apur.

Nouvelles ressources //

La géothermie de surface

La géothermie de surface, un potentiel important à approfondir

La géothermie de surface est une source d'énergie basse température qui consiste à récupérer des calories dans la partie du sol proche de la surface soit en prélevant et réinjectant l'eau présente dans l'aquifère (géothermie sur nappe) soit directement dans le sol par l'intermédiaire de sondes (géothermie sur sondes sèches). Elle permet d'assurer conjointement production de chaleur et rafraîchissement et peut être valorisée via des réseaux de chaleur basse température.

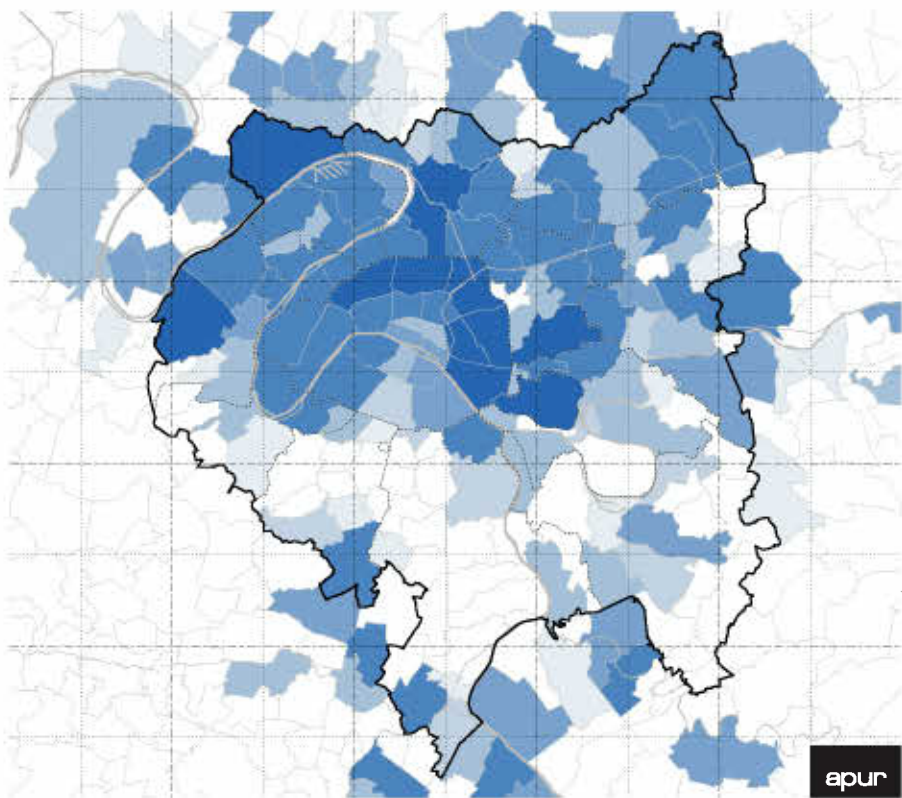
Une évolution favorable de la réglementation en 2015 et l'identification de potentiels importants révélés dans le cadre de l'élaboration du SRCAE et du Plan Local Énergie (Apur) en font une

ressource stratégique pour la MGP.

- Le potentiel de la géothermie sur nappe est évalué à 17,9 TWh/an sur le territoire de la MGP.
- Le potentiel de la géothermie sur sonde est évalué à 6,1 TWh pour la MGP.

Une étude d'approfondissement de ces gisements va être lancée par la MGP avec l'appui de l'Ademe et de l'Apur. Ce travail sera réalisé par le Brgm courant 2020.

17,9 TWh
potentiel de
la géothermie sur nappe
dans la MGP



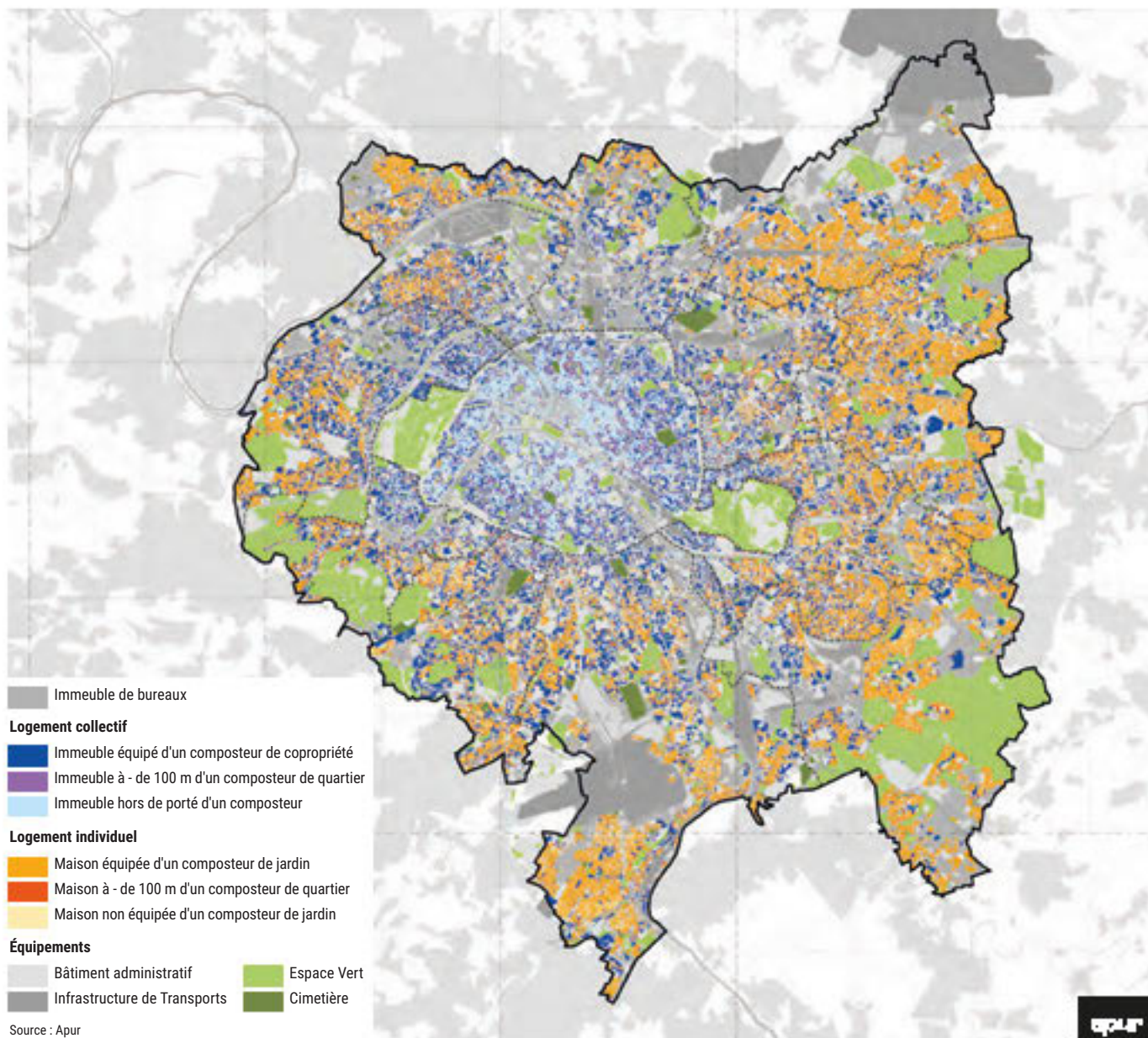
POTENTIEL DE LA GÉOTHERMIE DE SURFACE SUR NAPPE

- Moins de 5 GWh/an
- De 5 à 10 GWh/an
- De 10 à 50 GWh/an
- De 50 à 100 GWh/an
- De 100 à 500 GWh/an
- Plus de 500 GWh/an

Sources : DRIEE, BRGM, Apur

Nouvelles ressources //

Valoriser les ressources en biométhane



Les biodéchets représentent près du ¼ des ordures ménagères résiduelles (510000 t à l'échelle de la Métropole en considérant 73 kg/hab) et un nouvel enjeu pour les territoires. L'obligation pour les collectivités d'offrir une solution de tri à tous les producteurs (y compris les ménages) en 2025 implique la mise en place de réponses adaptées aux territoires. Des expérimentations sont déjà menées sur plusieurs territoires (ex des collectes en porte à porte à Paris, Romainville, Ivry,

Ville d'Avray). La typologie bâtie joue un rôle déterminant en permettant ou pas la mise en place de solutions in situ (compostage par ex). Là où ce n'est pas possible, d'autres solutions devront être mises en œuvre qui nécessiteront des infrastructures de transfert, de valorisation énergétique (production de biogaz) et/ou matière aujourd'hui insuffisantes malgré quelques projets initiés (notamment le projet de méthaniseur sur le Port de Gennevilliers).

TRAITEMENT DES BIODÉCHETS, HORIZON 2050

Scénario Apur :

Les parcelles de logements possédant une surface végétalisée de plus de 10 m sont équipées d'un composteur.
Les espaces verts publics de plus de 500 m sont équipés de composteurs de quartier.
Les logements à moins de 100 m utilisent ces composteurs.

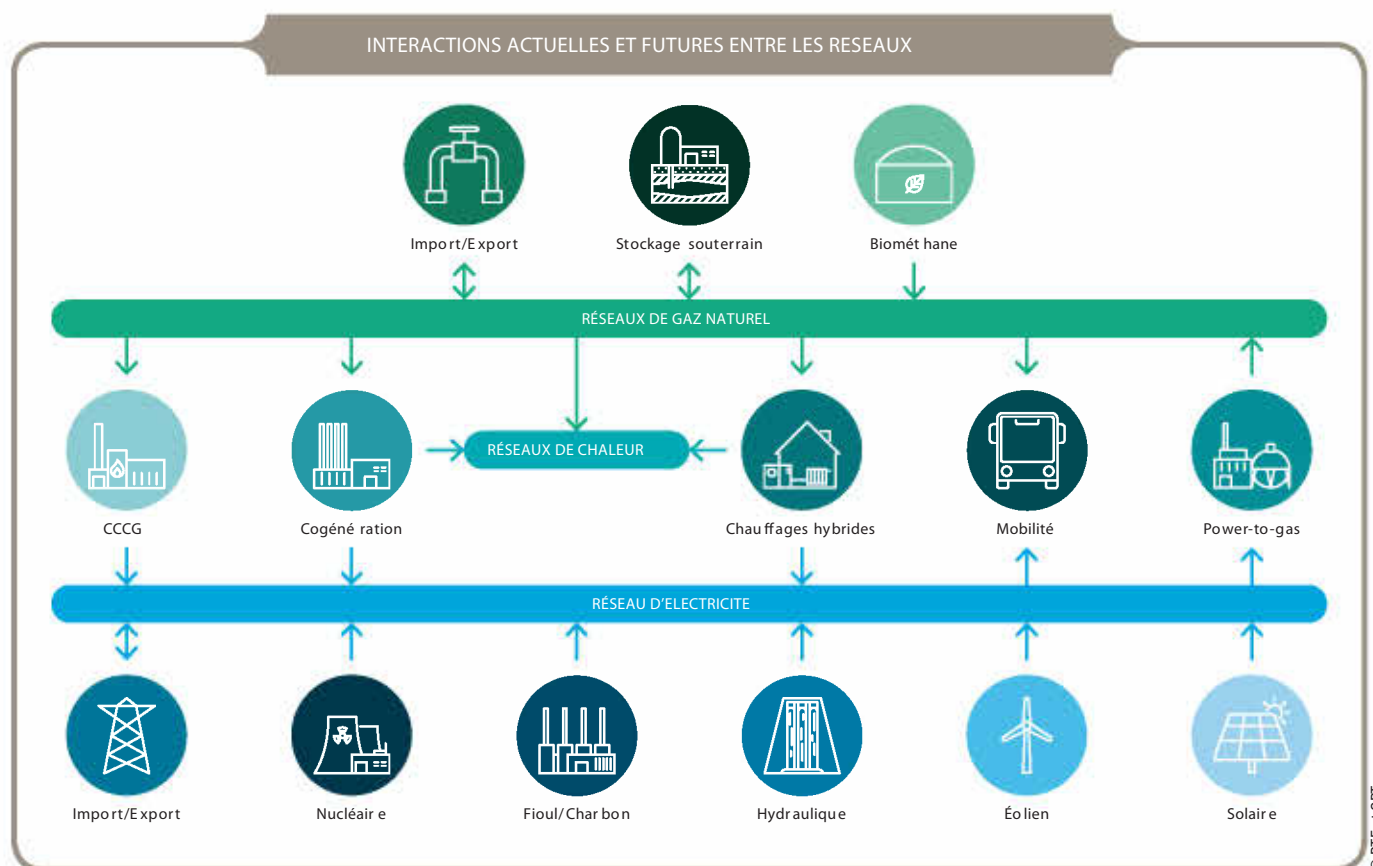
Vers une hybridation du système énergétique

Des réseaux déjà interdépendants

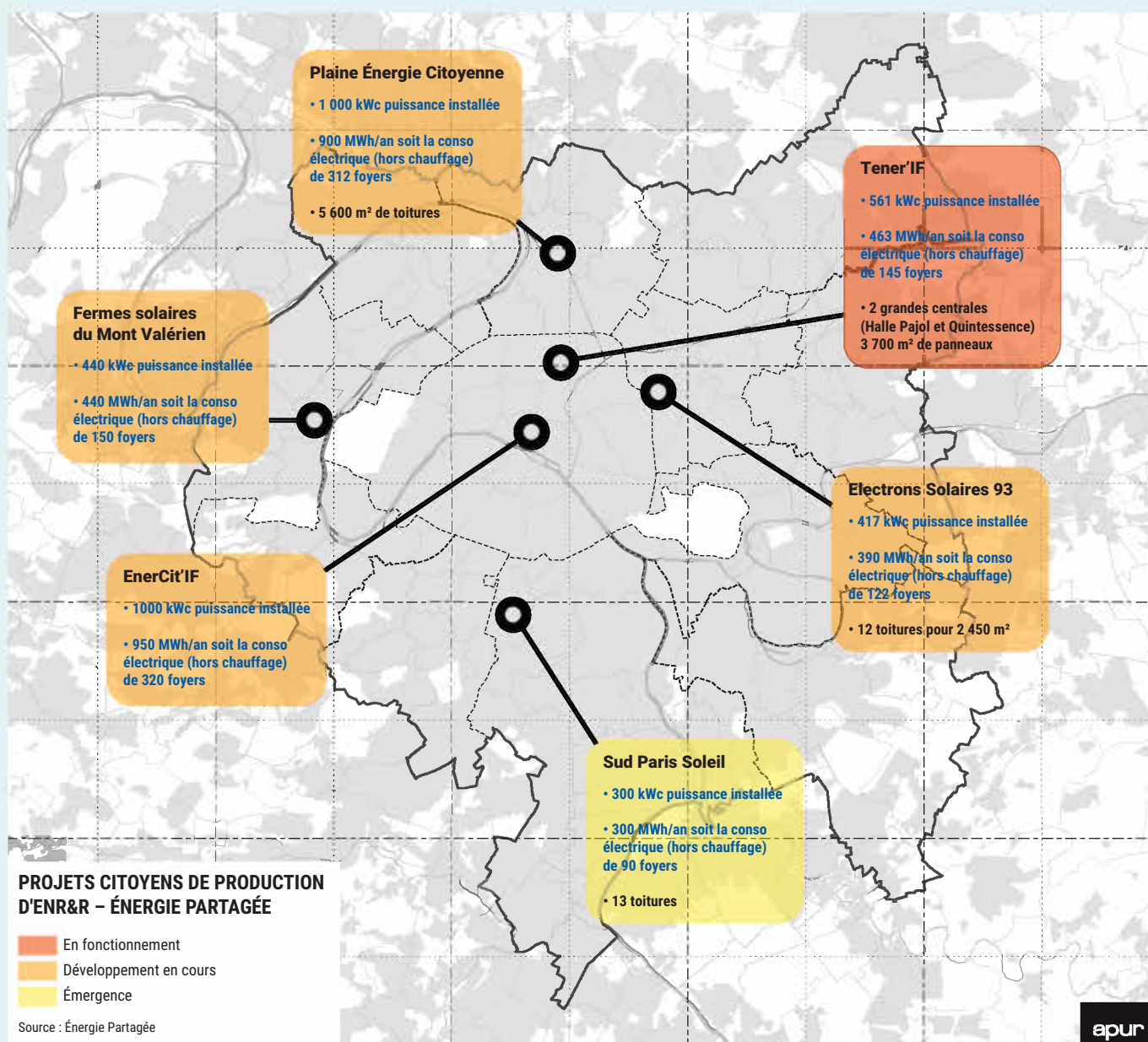
À l'échelle de la MGP, comme ailleurs, le réseau de gaz est au croisement des réseaux d'électricité et de chaleur avec la présence de nombreuses centrales gaz pour la production d'électricité, de chaleur ou des deux (cogénération).. D'autres interconnexions ou complémentarités existent dans la MGP parmi celles-ci, on peut notamment citer l'opération de Paris Nord Est qui combine production de froid et de chaud à partir de la géothermie (CPCU et Climespace), la mutualisation entre réseaux de chaleur (réseau CPCU et Vitry par exemple) ou encore la production de chaleur et de froid à partir du réseau CPCU et du réseau d'eau non potable pour assurer les besoins d'un immeuble tertiaire avenue Victor Hugo à Paris.

Quelles évolutions envisagées ?

Les opérateurs de réseaux verront leur mix énergétique verdier et assisteront à une redistribution des flux avec l'émergence de nouveaux usages et de nouveaux modes de production. La numérisation des réseaux les rendra plus flexibles et permettra la mise en place de solutions d'optimisation à plusieurs échelles: des productions décentralisées viendront soutenir le réseau électrique (micro-cogénération, solaire photovoltaïque...), l'électricité renouvelable sera consommée sur place et la partie excédentaire sera réinjectée sur le réseau, stockée dans les batteries des véhicules électriques ou réinjectée dans le réseau de gaz sous forme d'hydrogène (power to gas), les dispositifs d'effacement électrique se multiplieront pour limiter la pointe...



PROJETS CITOYENS DE PRODUCTION D'ÉNERGIE



Réappropriation citoyenne de la production d'énergie

On appelle « citoyen » un projet de production d'énergie renouvelable qui ouvre majoritairement son capital au financement collectif et son pilotage aux acteurs locaux, dans l'intérêt du territoire et de ses habitants. Leur développement sur le territoire métropolitain représente une brique pour atteindre les objectifs ambitieux en matière de développement des énergies renouve-

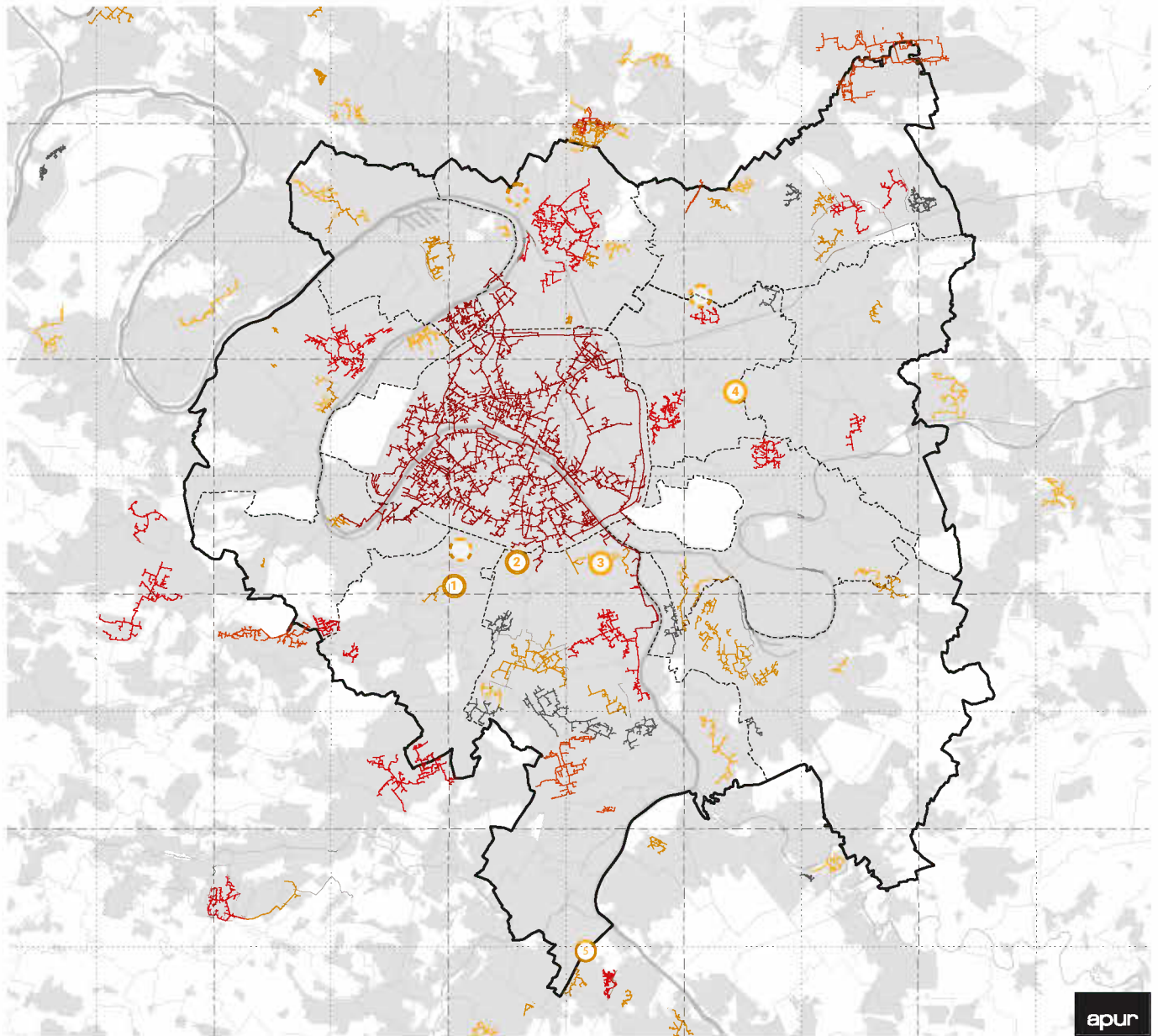
lables et de récupération à 2050 (60 % d'ENR&R dans le mix énergétique métropolitain (hors transport), dont 30 % au moins produites localement).

Quelques initiatives notables dans la Métropole du Grand Paris

On peut notamment citer le projet EnerCit'IF, première coopérative parisienne d'ENR&R, qui prévoit de construire 15 à 20 centrales solaires sur les toits de

Paris d'ici 2020 ou encore Plaine Énergie Citoyenne une société coopérative créée en 2018 qui vise une douzaine d'installations photovoltaïques en toiture entre 2019 et 2022 sur l'ensemble du territoire de la Plaine Commune, etc. L'ARENE Île-de-France a réalisé une étude sur les conditions de développement des projets d'énergie renouvelable participatifs citoyens dans la région en se basant sur le recueil de données propres à 11 projets franciliens.

Hybridation // Les réseaux de chaleur de demain



Vers des réseaux de chaleur de 5^e génération

La mutation des réseaux de chaleur existants est indispensable pour optimiser la valorisation des ressources locales ENR&R. Le réseau de chaleur et de froid de Paris-Saclay fait partie avec 4 autres réseaux européens d'une expérimentation sur les boucles locales énergétiques de 5^e génération (projet européen D2Grids). Parmi les sujets expérimentés on retrouve : la valorisation de chaleur fatale basse température (supermarchés, bureaux, data centers, etc.),

la mise en place d'un système de gestion de la demande pour une meilleure adéquation entre les besoins et la production mais aussi le test de différentes solutions de stockage thermique.

TYPE DE RÉSEAUX DE CHALEUR

Nature du fluide	Capacité à capter les ENR&R
Vapeur et Eau chaude (<= 110°C)	
Eau surchauffée (> 110°C)	
Eau chaude (<= 110°C) et Eau surchauffée (> 110°C)	
Eau chaude (<= 110°C)	
Non déterminé	
Réseaux récents	
1 BAGEOPS Bagneux / Châtillon	
2 ARGEO Ivry-sur-Seine	
3 GEOTELLUENCE Ivry-sur-Seine	
4 IGEO Rosny-sous-Bois / Noisy-le-Sec	
5 GRIGNY-VIRY	
Réseaux en projets - SIPPEREC	

Sources : DRIEE, Via Séva, Apur

UN RÉSEAU GÉOTHERMIQUE TRI-TUBES

Le réseau de Chevilly-Larue, l'Haÿ-les-Roses et Villejuif

PORTEURS DE PROJET : SYGÉO ET SEMHACH // LOCALISATION : CHEVILLY-LARUE, L'HAÏ-LES-ROSES ET VILLEJUIF

Créé en 1985 avec la réalisation de deux doublets au dogger sur Chevilly-Larue et l'Haÿ-les-Roses, le réseau géothermique de Chevilly-Larue, l'Haÿ-les-Roses et Villejuif, exploité par la SEMHACH, a connu un développement important en 2016 avec la mise en service d'une nouvelle centrale de géothermie sur la commune de Villejuif pour arriver à plus de 60000 habitants desservis. Cette étape s'est accompagnée du changement de statut de la SEMHACH, de Société Anonyme d'Économie Mixte à Société Publique Locale avec l'entrée de Villejuif dans son capital. La commune de Villejuif est aussi devenue adhérente du Syndicat Intercommunal pour la Géothermie (SYGEO), propriétaire des installations et assurant la maîtrise d'ouvrage du réseau. L'engagement continu des communes depuis la création du réseau et la mise en place d'un système de gestion singulier caractérisé par la séparation entre investissement (SYGEO) et exploitation (SEMHACH), ont assuré le bon développement et l'équilibre économique du réseau.

Cette implication à tous les niveaux des collectivités, propriétaires du réseau, peut aussi représenter un atout en matière de pérennisation des installations et d'investissements associés : le remisage des deux puits historiques à l'aide de fibre de verre afin de s'affranchir de la corrosion et la réalisation d'une thermographie aérienne afin de détecter avec précision les canalisations vieillissantes représentent deux exemples d'initiatives menés par la SEMHACH.

En matière d'investissements, la stratégie des deux structures repose sur une part importante d'autofinancement et un recours minimum à l'emprunt et

ce seulement dans le cadre de projets de développement ayant un retour sur investissement jugé raisonnable (< 15 ans). Cette politique raisonnée d'investissement, associée à la prise en charge quasi-systématique du tarif de raccordement dans le cadre de nouveaux développements permet au réseau d'assurer un tarif utilisateur aux alentours des 45 euros/MWh utile, soit un tarif compétitif avec des solutions individuelles.

Une gestion optimisée de la ressource géothermique

Dès 1991 avec l'extension du réseau à la ZAC Petite Bretagne à Chevilly-Larue, la SEMHACH a fait le choix d'imposer un régime de température de 45 °C aux promoteurs dans le cadre de nouvelles opérations d'aménagement. Depuis, le développement du réseau s'est fait selon une logique dite en cascade, reposant sur une succession de niveaux de température* dans une optique d'abaissement de la température de retour et donc d'optimisation du rendement et de la valorisation de la ressource géothermale. Les bâtiments nécessitant des températures d'eau élevées comme les hôpitaux sont alimentés par un premier réseau. L'eau refroidie par ces premiers « gros consommateurs » repart ensuite dans un second réseau qui alimentera des bâtiments nécessitant des températures plus faibles comme des logements disposant de planchers chauffants par exemple. Ce mécanisme peut ensuite être répété ou non selon la présence de consommateurs ayant des besoins encore plus faibles (comme des logements neufs BBC par exemple). La SEMHACH assure le bon fonctionnement du mécanisme à l'aide d'un pilotage continu des installations par fibre optique. Avec la mise en service de la centrale de Villejuif située rue Jean-Baptiste Baudin à Villejuif, le recours à cette technique d'épuisement de la chaleur disponible permet au réseau d'être alimenté à plus de 70 % à partir de l'énergie géothermique. La stratégie de développement qui en découle consiste à aller chercher de gros clients disposants de régimes de

température élevés pour ensuite alimenter des secteurs moins consommateurs comme les nouvelles ZAC.

Vers un nouveau modèle de réseau de chaleur

Situé sur un territoire plutôt dense qui devrait connaître un développement important dans les prochaines années, le réseau dispose d'un potentiel de développement important que cela soit en matière d'extension ou de densification. Dans ce contexte, la SEMHACH envisage de nouveaux types de développement basés sur la diversification de son mix énergétique, et ce à différentes échelles : récupération de chaleur sur le réseau d'eaux usées, micro-boucles à partir de géothermie de minime importance à l'échelle d'un îlot ou encore pieux énergétiques à l'échelle d'un ou plusieurs bâtiments.

Par ailleurs, le sujet du froid représente une piste de réflexion pour la SEMHACH qui mène actuellement une expérimentation en partenariat avec l'Oréal sur son centre de recherche et d'innovation de Chevilly-Larue avec la mise en place d'une pompe à chaleur à absorption et évacuation des calories sur le réseau de chaleur pour les besoins d'eau chaude sanitaire en été.

* Le réseau de Chevilly-Larue, l'Haÿ-les-Roses et Villejuif dispose de quatre niveaux de températures alimentant différents types de clients : la HT (de 66 à 100 °C), la MT (de 50 à 65 °C), la BT (de 40 à 50 °C) et la TBT (de 40 à 45 °C).

LES CHIFFRES CLÉS

- 3 centrales de géothermie de 11 MW chacune.
- 2 cogénérations de 5 MW électriques et 8 MW thermiques chacune.
- 15 chaufferies d'appoints-secours gaz maillent le réseau.
- Plus de 80 km de canalisations.
- 27 000 équivalent-logements alimentés, soit plus de 60 000 habitants auxquels s'ajoutent de nombreux équipements publics.
- Un contenu carbone de 87 g CO₂/kWh : 36 000 t de gaz à effet de serre évitées chaque année.
- Un tarif moyen de 49,70 € HT/MWh à comparer à un prix moyen des réseaux de chaleur français de 72,20 € HT/MWh, soit 935 €/an pour un logement type du parc social contre 1 553 €/an pour un système de gaz collectif à condensation et 1 732 €/an pour un système électrique individuel (source : chiffres AMORCE, 2014).

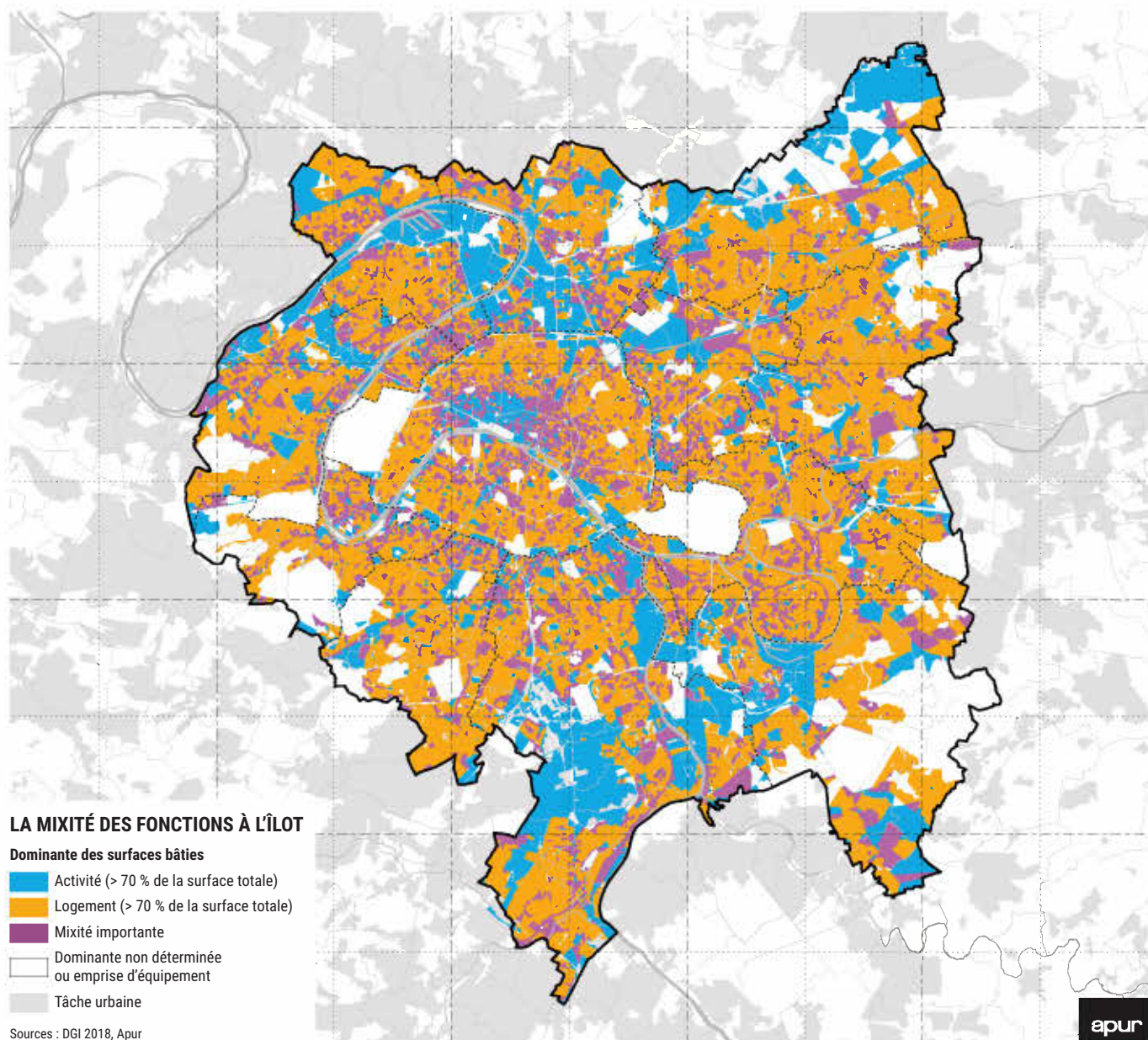


Inauguration de la centrale de géothermie de Villejuif (94)

© Apur

Hybridation //

Les circuits courts pour mutualiser à toutes les échelles



Échanger l'énergie

Quand certains immeubles se chauffent, d'autres ont besoin d'être refroidis. Ces besoins se rencontrent en mi-saison et en hiver quand certains bâtiments, les immeubles ressources (grands magasins, bureaux) climatisent alors que leurs voisins utilisent le chauffage. La création de boucles locales d'énergie, des réseaux de faible dimension, permettra d'échanger l'énergie entre ces différents types de bâtiments ;

Renforcer la solidarité entre bâti neuf et stock

La création d'un bâtiment pourrait être une opportunité pour servir et améliorer son environnement en mettant à disposition de ses voisins un apport spécifique (exploitation de ressources ENR&R, tête de pont d'une boucle locale d'énergie, etc.).

Profiter de l'effet de masse

Les Zones de Rénovation Concertée (ZRC) pourront faciliter le regroupement de plusieurs immeubles ou copropriétés qui souhaitent lancer des opérations de réhabilitation afin d'en mutualiser les moyens et d'en limiter le coût ; mais aussi à l'échelle micro en facilitant l'empiètement sur l'espace privé de la parcelle voisine pour réaliser une isolation thermique extérieure.

1 L'EXEMPLE DU QUARTIER HOCHÉ À NANTERRE

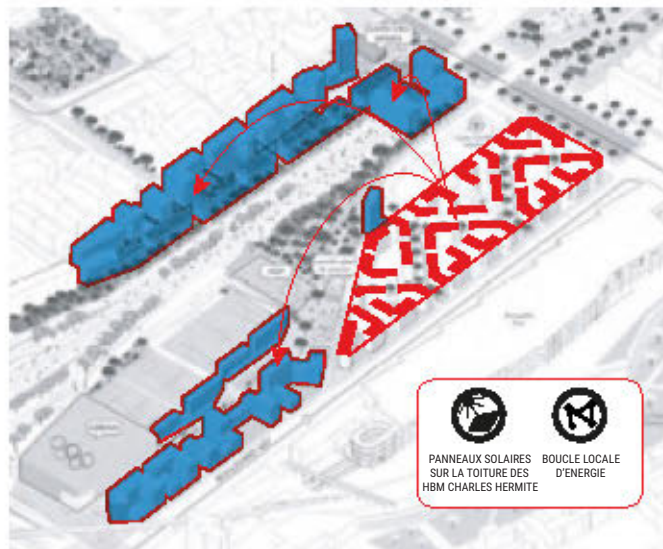


© Franck Boutté Consultants



© Groupement Leclercq Associés

2 ZAC GARE DES MINES – PRINCIPE D'ÉCHANGE ÉNERGÉTIQUE



Source : Groupement Leclercq Associés

1 Solidarité énergétique entre quartier neuf et tissu existant (Nanterre, 92)

Le réseau de chaleur de l'éco-quartier alimenté par une chaufferie biomasse est aussi raccordé aux logements sociaux de la Cité Komarov voisine. Cette externalisation de l'énergie produite bénéficie au territoire dans son ensemble et montre l'intérêt de passer de l'échelle du bâtiment (BEPOS) ou de l'opération à celle du territoire (TEGPOS, Territoire à Énergie Positive)

2 Potentiel d'échange thermique entre un groupe HBM et les futures constructions d'une ZAC (75018)

L'échange thermique entre bâtiments n'appartenant pas à un même îlot suppose de créer des infrastructures de réseau sous l'espace public en lien avec les concessions en place sauf dans le cas d'une ZAC ou d'une OAP où il est possible de créer une boucle locale en propre. Ainsi dans le cas de la ZAC de gare des Mines, le groupe Charles Hermite appartient bien à la ZAC, il est ainsi théoriquement possible de réaliser des échanges thermiques entre les HBM et les futures constructions du projet.

3 Mini boucle d'eau chaude avec récupération de chaleur sur le réseau d'eaux usées (75011)

La Direction Constructions Publiques et Architecture de la Ville de Paris (DCPA) expérimente différentes solutions pour assurer les besoins énergétiques des équipements parisiens. La réalisation en propre d'une boucle d'eau chaude (sans passer par le concessionnaire du réseau de chaleur de Paris) pour alimenter la mairie du 11^e et l'école voisine à partir de la récupération de chaleur sur le réseau d'eaux usées du SAAP en est un parfait exemple. Le dispositif mis en place (Degrés Bleu développé par Suez) permet un taux de couverture de 50 % des besoins de chaleur. Si l'on met de côté le coût élevé de l'opération notamment du fait de son caractère expérimental, il s'agit d'une solution « low-tech » facilement reproductible qui représente selon la DCPA un potentiel important pour le développement de boucles d'eau chaude (BEC).



© Ville de Paris

Développement de boucles locales

Le développement de boucles locales d'énergie plus flexibles et permettant l'échange thermique entre les bâtiments se fera en parallèle de la mutation des réseaux traditionnels pour tirer profit au maximum des ressources offertes par le territoire.

La mise en œuvre de ce type de mini-réseau peut être envisagée en propre

sans être contraint de faire appel aux concessionnaires au sein d'un îlot ou dans des périmètres de ZAC (Zone d'Aménagement Concerté) ou alors si une OAP (Orientation d'Aménagement et de Programmation) existe.

L'échange thermique entre bâtiments n'appartenant pas à un même îlot suppose de créer un réseau sous l'espace public. Une telle initiative est plus complexe d'un point de vue réglementaire

car ce sont les concessionnaires désignés par la collectivité qui ont généralement la compétence exclusive des échanges thermiques transitant sous l'espace public.

POPULATION, EMPLOI, STOCK BÂTI ET CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

Territoire	Superficie du territoire (km ²)	Démographie, emploi et stock bâti					
		Population (2015)	Nombre d'emplois au lieu de travail (2015)	Nombre de logements (2015)	Nombre de logements individuels (2015)	Surface de logements (m ²)	Surface d'activités (m ²)
T1 Paris	105	2 206 488	1 790 582	1 366 438	10 575	76 176 177	44 092 169
T2 Vallée Sud-Grand Paris	47	395 761	149 205	188 491	30 401	14 521 028	5 465 140
T3 Grand Paris Seine Ouest	37	316 653	181 175	162 461	12 732	11 388 923	4 985 494
T4 Paris Ouest La Défense	59	559 982	466 044	279 673	24 813	20 631 449	14 499 416
T5 Boucle Nord de Seine	50	439 561	184 663	197 543	31 800	13 710 387	7 274 952
T6 Plaine Commune	47	429 266	194 412	174 088	20 113	11 202 912	8 685 402
T7 Paris Terres d'Envol	78	357 568	107 273	134 968	51 150	11 883 847	5 096 875
T8 Est Ensemble	39	412 972	164 995	179 754	28 224	12 234 205	7 082 474
T9 Grand Paris Grand Est	72	392 857	104 584	163 897	54 028	14 760 505	4 016 998
T10 Paris Est Marne et Bois	56	506 882	161 644	242 573	49 640	19 353 288	5 349 731
T11 Grand Paris Sud Est Avenir	100	310 159	112 543	131 503	36 803	11 794 585	4 910 364
T12 Grand-Orly Seine Bièvre	123	692 061	285 843	306 389	68 361	23 935 326	12 726 517
Métropole Grand Paris	814	7 020 210	3 902 963	3 527 778	418 640	241 592 632	124 185 532

Sources : Apur, Insee 2015, DGFIP, ENERGIF (décembre 2018) - AIRPARIF

INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES ACTUELLES DE LA MGP

Territoire	Réseaux de chaleur				km lignes aériennes	km lignes souterraines
	Longueur de réseaux de chaleur en km	Nombre de réseaux de chaleur	Nombre de réseaux de chaleur avec un taux ENR&R > 50%	% réseaux de chaleur avec un taux ENR&R > 50%		
T1 Paris	510	1	1	100%	0	238
T2 Vallée Sud-Grand Paris	40,2	3	1	33%	27	28
T3 Grand Paris Seine Ouest	17,6	3		0%	0	42
T4 Paris Ouest La Défense	70,7	8	2	25%	0	143
T5 Boucle Nord de Seine	46,7	4	1	25%	31	80
T6 Plaine Commune	93,8	5	1	20%	27	103
T7 Paris Terres d'Envol	45,2	6	1	17%	42	65
T8 Est Ensemble	29,5	3		0%	0	85
T9 Grand Paris Grand Est	23,3	3	1	33%	51	28
T10 Paris Est Marne et Bois	9	1	1	100%	0	63
T11 Grand Paris Sud Est Avenir	51,2	3	3	100%	51	37
T12 Grand-Orly Seine Bièvre	217,3	14	12	86%	63	126
Métropole Grand Paris	1154,5	54	24	44%	291	1 038

Sources : Apur, DRIEE, Enquête SNUC 2016-2017, Via-Sèva, RTE, GRTgaz

RESSOURCES EN ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION (ENR&R)

Territoire	Solaire				Géothermie de surface (<200m)	
	Nombre d'installations solaires photovoltaïques en 2019	Puissance solaire photovoltaïque raccordée en 2019 (kW)	Surface de toiture avec un ensoleillement moyen annuel suffisant (>800 kW/m ²)	Potentiel solaire en GWh/an (estimation Apur PLE, 2015)	Potentiel géothermie sur sondes en GWh/an (estimation Apur PLE 2015)	Potentiel géothermie sur nappe en GWh/an (BRGM)
T1 Paris	143	3 022	14 698 127	1 473	257	6 209
T2 Vallée Sud-Grand Paris	255	1 093	5 190 014	386	549	137
T3 Grand Paris Seine Ouest	80	639	2 968 703	198	303	416
T4 Paris Ouest La Défense	136	1 420	6 470 169	442	623	2 438
T5 Boucle Nord de Seine	225	1 250	5 783 149	309	410	2 283
T6 Plaine Commune	109	1 294	6 427 105	416	349	1 884
T7 Paris Terres d'Envol	378	1 387	7 624 127	581	497	1 215
T8 Est Ensemble	200	1 341	5 707 278	422	406	1 780
T9 Grand Paris Grand Est	443	1 823	6 365 083	474	599	648
T10 Paris Est Marne et Bois	264	869	6 984 786	488	738	450
T11 Grand Paris Sud Est Avenir	370	1 706	6 288 525	446	447	114
T12 Grand-Orly Seine Bièvre	700	3 399	11 327 963	663	958	327
Métropole Grand Paris	3303	19 243	85 835 029	6 300	6 135	17 901

Sources : Apur, Enedis & RTE via l'agence ORE, DRIEE, BRGM, DGFIP

Consommation énergétique en 2015 (TWh, climat normal)									
Consommation énergétique finale en 2015 (TWh, climat normal)	Electricité	Gaz	Chauffage urbain	Produits pétroliers & charbon	bois	Habitat collectif	Maisons individuelles	Tertiaire	Industrie
29,6	13,7	10,0	4,1	1,5	0,2	17,3	0,5	10,9	0,8
4,6	1,7	2,3	0,2	0,3	0,1	1,7	1,4	1,3	0,2
3,9	1,6	1,7	0,2	0,3	0,0	1,7	0,8	1,2	0,3
8,5	3,8	3,5	0,6	0,6	0,1	3,1	1,2	3,4	0,8
5,4	2,0	2,5	0,6	0,3	0,1	1,7	1,2	1,5	1,0
6,3	2,2	3,3	0,5	0,2	0,1	1,7	0,8	2,0	1,8
4,2	1,3	2,3	0,2	0,2	0,1	0,8	1,5	1,2	0,6
4,5	1,6	2,4	0,2	0,2	0,1	1,6	1,1	1,5	0,4
4,0	1,5	2,1	0,1	0,2	0,1	1,0	1,8	1,0	0,1
6,1	2,0	3,2	0,3	0,4	0,1	2,2	1,9	1,3	0,7
3,8	1,3	1,7	0,5	0,2	0,1	1,1	1,2	1,2	0,3
8,8	3,5	3,6	1,0	0,5	0,2	2,5	2,4	3,1	0,8
89,7	36,2	38,4	8,6	5,2	1,4	36,5	15,8	29,6	7,7

Infrastructure de transport électrique (RTE)				Infrastructure de transport de gaz (GRTgaz)	
Nb postes électriques 225 kV aériens	Nb postes électriques 225 kV bâtiments	Emprise au sol postes aériens (m²)	Emprise au sol postes bâtiments (m²)	km canalisations de transport de gaz (GRTgaz)	Surf emprise des installations GRTgaz (m²)
	41		230 630	28	2 415
3	0	19 669	0	18	1 571
1	2	18 531	8 496	22	1 774
4	5	73 122	8 344	40	2 110
4	1	63 048	28 602	35	695
7	1	373 023	2 640	40	1 963
3	1	18 239	1 105 839	47	692
2	2	88 581	16 760	26	115
1	4	54 381	32 542	52	1 475
2	2	24 133	6 073	37	4 711
1	1	23 011	5 906	72	76 126
7	4	224 429	572 618	64	1 176
35	64	980 168	2 018 450	482	94 823

NOUVEAUX BESOINS

Territoire	Projets urbains		Nouvelles mobilités				Nombre de stations-service pouvant potentiellement accueillir de nouvelles énergies (GNV/ bioGNV/Hydrogène)	Nombre de data centers
	Nombre de ZAC (en cours / à l'étude)	Surface de ZAC en ha (en cours / à l'étude)	Nombre de bornes de recharge électriques accessibles au public (1 ^{er} janvier 2019)	Nombre de stations GNV ouvertes au public (1 ^{er} janvier 2019)	Nombre de stations hydrogène publiques (1 ^{er} janvier 2019)	Nombre de stations-service (fin 2018)		
T1 Paris	17	462,1	3 818	1	1	98	12	17
T2 Vallée Sud-Grand Paris	8	86,4	434			21	13	3
T3 Grand Paris Seine Ouest	5	124,3	406			12	6	
T4 Paris Ouest La Défense	15	497,1	685	1		36	18	9
T5 Boucle Nord de Seine	27	382,8	394	1		27	20	5
T6 Plaine Commune	29	460,2	105	2		23	16	22
T7 Paris Terres d'Envol	8	546,2	194		1	26	21	2
T8 Est Ensemble	13	238,5	234	1		24	18	3
T9 Grand Paris Grand Est	15	366,4	87			26	20	1
T10 Paris Est Marne et Bois	11	136,4	259	1		30	14	
T11 Grand Paris Sud Est Avenir	21	282,6	227	1		29	24	
T12 Grand-Orly Seine Bièvre	36	572,6	263	3	2	50	40	8
Métropole Grand Paris	205	4 155,5	7 106	11	4	402	222	70

Sources : Apur, Zagaz, DRIEE, Gaz-Mobilité, Afhyprac, GRDF, Gireve 2019, BD Autolib', Zagaz, Belib', Ville de Paris, IPR

Atlas de l'énergie dans le Grand-Paris

CONSOMMATION // PRODUCTION // TENDANCES ET ENJEUX DE DEMAIN

La crise sanitaire liée à la pandémie du Covid-19 a montré la robustesse et la résilience du système énergétique métropolitain, francilien, et national face à des courbes de besoins qui ont brusquement évolué avec la mise en place du confinement. Cet épisode a également rappelé la vulnérabilité de notre société et sa très forte dépendance vis-à-vis de « l'extérieur » quelle que soit l'échelle considérée.

L'atteinte des objectifs fixés par le plan climat air énergétique métropolitain constitue un impératif pour renforcer le territoire et faire face à ces nouveaux défis et en particulier celui du changement climatique : davantage de sobriété avec une division par deux des consommations, plus de recours aux énergies renouvelables et de récupération (passer de 12 % en 2012 à 61 % en 2050 dont 1/3 sera produit localement), et toujours plus de résilience constituent quelques-unes des grandes lignes de la stratégie fixée.

La Métropole du Grand Paris, c'est 106 TWh d'énergie consommée en 2015 ou 90 TWh sans les transports. 83 % de cette énergie provient des grands réseaux électriques et de gaz. Au total, plus de 90 % de cette énergie est importée. Pour atteindre les objectifs fixés, toutes les ressources devront être mobilisées (les gisements d'économie comme les énergies renouvelables et de récupération), et le système énergétique devra également intégrer les nouveaux besoins liés aux projets urbains, aux projets de transport, à l'essor du numérique, ou aux besoins croissants de rafraîchissement. Il s'agit donc de faire évoluer la manière de voir et de faire fonctionner le système énergétique en le pensant de manière globale (penser un système multi-énergies plutôt que plusieurs systèmes énergétiques) et hybride (développer les solutions locales tout en maintenant la robustesse du système global).

C'est dans ce sens que s'inscrit la réalisation d'un schéma directeur des énergies métropolitain (SDEM), initié par la Métropole du Grand Paris fin 2019. En amont de ce schéma, cet atlas cartographique vise à présenter, à partir des nombreux travaux de l'atelier, les systèmes en présence et les grands enjeux autour de l'énergie en tenant compte de la diversité des territoires de la Métropole.

L'Apur, Atelier parisien d'urbanisme, est une association loi 1901 qui réunit autour de ses membres fondateurs, la Ville de Paris et l'État, les acteurs de la Métropole du Grand Paris. Ses partenaires sont :

